

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ім. В.ДАЛЯ  
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ

БІЛОРУСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ПрАТ „СЄВЕРОДОНЕЦЬКЕ ОБ'ЄДНАННЯ АЗОТ”

ПрАТ „ХІМПРОЕКТ” (м. Сєвєродонецьк)

ПрАТ «Лисичанська нафтова інвестиційна компанія»

# “Технологія - 2015”

МАТЕРІАЛИ

XVIII міжнародної  
науково-технічної конференції

частина 2

17-18 квітня  
2015 року

м. Сєвєродонецьк

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ім. В.ДАЛЯ**  
**ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**БІЛОРУСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ПрАТ „СЄВЕРОДОНЕЦЬКЕ ОБ’ЄДНАННЯ АЗОТ”**  
**ПрАТ „ХІМПРОЕКТ” (м. Сєвєродонецьк)**

# **ТЕХНОЛОГІЯ-2015**

**МАТЕРІАЛИ**  
XVIII міжнародної науково-технічної конференції  
17 - 18 квітня 2015 року  
м. Сєвєродонецьк

Частина II



Сєвєродонецьк, 2015

Технологія-2015 : матеріали міжнар.наук.-техн. конф., 17-18 квіт. 2015 р., м. Сєвєродонецьк. Ч. II / [укл. : Тарасов В.Ю.]. – Сєвєродонецьк : [Технол. ін-т Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля (м. Сєвєродонецьк)], 2015. – 133 с.

*Редакційна колегія:*

докт. техн. наук Поркуян О.В.;

докт. техн. наук Смолій В.М.;

докт. техн. наук Рязанцев О.І..

<b>Коверга М.</b> Технологии математического образования .....	5
<b>Сафронова Д. В.</b> Світлодіодний терапевтичний апарат комбінованого типу .....	5
<b>Головко Д. П.</b> Розробка та дослідження електронагрівального приладу на основі графітових елементів .....	7
<b>Недодай М. Г.</b> Підвищення ККД одноступінчатої гармати Гауса .....	8
<b>Свістула В. М., Колпакова А. Г.</b> Методи лабораторного моделювання кульової блискавки.....	9
<b>Кобзар М. В., Свістула В. М.</b> Пригорода кульової блискавки.....	11
<b>Прокопович О. Л.</b> Застосування аналогових обчислювальних пристроїв для моделювання окремого класу задач розділу “Механіка” .....	12
<b>Карнаухов А.А.</b> Использование естественного радиационного фона в физическом практикуме .....	14
<b>Симонов М.И.</b> Исследование тарелок провального типа с отверстиями большого диаметра.....	16
<b>Ревенко С.А., Карпюк Л.В., Брудков А.В.</b> Поиск рационального варианта подвода газа в реактор при аэрозольном катализе .....	17
<b>Мітрохін А.А.</b> Моделювання віброобробки довгих зварних балок двома вібраторами одночасно .....	18
<b>Шалевская И.А., Калюжный П.Б.</b> Литье по газифицируемым моделям – технология будущего.....	19
<b>Шабловский Я.О., Киселевич В.В.</b> Количественные показатели надёжности электрической изоляции .....	21
<b>Титаренко В.О., Коструб В.А.</b> Некоторые особенности изготовления профильных изделий из композиционных материалов .....	23
<b>Земцов Н.А., Скляр Ю.А.</b> Исследование процесса формования композитных стержней методом ролтрузии .....	25
<b>Титаренко В.О., Коструб В.А.</b> Анализ силовых технологических параметров процесса ролтрузии.....	27
<b>Солод Н.В., Педашевський В.А.</b> Дослідження антикорозійних властивостей твердого розчину дифосфатів мангану(II)-цинку.....	29
<b>Асманкіна А.А.</b> Побудова математичної моделі реактору синтезу оцтової кислоти.....	32
<b>Соколова Я.В.</b> Удосконалення автоматичних електрогідравлічних приводів машинобудівного обладнання .....	33
<b>Алахмад Алмоу К.</b> Моделювання процесу каталітичного крекінгу аерозольним нанокаталізом.....	36
<b>Бородіна А.А.</b> Автоматизована система управління проектуванням вібростійких типових елементів заміни електронних апаратів .....	37
<b>Перминова И.Е.</b> Подход к разработке программного комплекса системы моделей риск-менеджмента производственного предприятия в концепции BPM на базе платформы SAP..	39
<b>Соколов В.І., Соколова Я.В., Азаренко Н.Г., Рассказова Ю.Б.</b> Система автоматичного керування обладнанням для механічної обробки матеріалів з гідроприводом обертального руху .....	42
<b>Власенко Є.В.</b> Дослідження математичних основ прийняття рішень у системі проектування радіоелектронних апаратів .....	45
<b>Поркуян О. В., Проказа О. І., Кулаков О. Ю.</b> Розрахунок перехідних процесів об’єктів третього порядку з запізненням методом квадратур_ .....	57
<b>Проказа О. І., Рябіченко А.В., Петросян Л.І.</b> Оцінювання стану здоров’я людини за зміною температури тіла .....	57
<b>Проказа О. І., Літвінов К. А.</b> Розрахунок перехідних процесів САР четвертого порядку методом квадратур_ .....	57
<b>Літвінов К.А.</b> Дослідження реперного алгоритму для ультразвукового рівнеміра з кільцевим рухом електричного сигналу .....	52

<b>Проказа О. І., Ліщенко І.О., Коробков М.В.</b> Дослідження точності систем контролю третього порядку з запізненням методом квадратур_ .....	55
<b>Кхалет Аквіре АВН</b> Високоточний термомагнітний газоаналізатор. ....	57
<b>Калініна Г.В.</b> Зарядний пристрій з дискретною установкою струму .....	60
<b>Ельникова Ю.В.</b> Регулятор с предсказанием .....	61
<b>Бондаренко А.С.</b> Магнитоэлектрическая память – MeRAM .....	62
<b>Шаповалов Д. Д.</b> Розробка та дослідження датчика рівня системи контролю установки фотоавтокаталітичної конверсії .....	63
<b>Лівцов Ю.В., Безкоровайний В.С., Яковенко В.В.</b> Математична модель магнітного поля в системі датчика контролю зміцнення поверхневого шару металу осі рухомого складу.....	65
<b>Переполькіна Н.В.</b> Прилади і методи технологічного контролю .....	68
<b>Усов М.І.</b> Розробка універсального пристрою вимірювання температури .....	70
<b>Логунів А.Н.</b> Информационные технологии в идентификации объектов производства .....	71
<b>Коршунова Н.В., Лория М.Г.</b> Альтернативные источники энергоснабжения. Датчик контроля напряжения .....	72
<b>Гапонова О.В.</b> Електронний пристрій для підживлення акумуляторних батарей .....	73
<b>Ночевний С. В.</b> Розробка блока комутації в шафі керування і комутації. аналіз конструкцій, які використовуються впри компоновці РЕА .....	74
<b>Ключко Т.В.</b> Светодиод с «оптической антенной» для оптической коммуникации малой дальности.....	75
<b>Кириченко Ю. А., Черных А. В.</b> Единичный конвертор Лагерр-Гауссовой моды.....	77
<b>Кормилицина Е. В.</b> Фотоэлектронная спектроскопия из поверхности GaAs .....	81
<b>Филимоненко Н.Н., Филимоненко К.В.</b> Определения реакционной зоны в ванне рудовосстановительной электропечи .....	84
<b>Губаревич О.В.</b> К вопросу ускоренных испытаний на надежность машины постоянного тока.....	85
<b>Голубева С.М.</b> Основные рекомендации эффективного использования асинхронного двигателя в частотно-регулируемом приводе .....	88
<b>Варченко Д.Р.</b> Сеть Элмана в MATLAB.....	89
<b>Тороп А.А.</b> Дослідження режимів пайки елементів на друковану плату .....	90
<b>Тороп А.А.</b> Дослідження ефективності радіаторів охолодження електрорадіоелементів .....	93
<b>Сушилін Я.Р.</b> Вимоги до відмивання різних видів флюсів .....	95
<b>Химченко Т.С.</b> Электромагнитная совместимость и ограничения при конструировании печатных плат .....	98
<b>Щірова Є. С.</b> Особливості розробки JAVASCRIPT-додатків.....	101
<b>Рисухина Д. В.</b> Анализ и практическая реализация методов проверки качества тестовых заданий .....	103
<b>Пустоветов М.Ю.</b> О термине «имитационное моделирование» в сфере электромеханики. ....	105
<b>Кузьменко Е. Ю.</b> Жизненные циклы приложений для мобильных платформ .....	108
<b>Бондаренко А.С.</b> Проблема защиты информации в телекоммуникации. Фишинг.....	111
<b>Сухотін А.В.</b> Прилади супутникового телебачення. перемикач конверторів .....	113
<b>Ключко Т.В.</b> Настройка перцептронных нейронных сетей посредством MATLAB.....	115
<b>Смолий В.В.</b> Организация практикума по системам обработки изображений и распознавания образов.....	117
<b>Гречишкін Є.В.</b> Стан забезпечення фахівцями з системи технічного захисту інформації в Україні .....	118
<b>Панасенко А.А.</b> Выбор LMS (система управления обучением).....	121
<b>Ляховой В.О</b> Проблемы дистанционного обучения. ....	123
<b>Панасенко А.А., Мирошник М.М.</b> Обзор платных и бесплатных LMS .....	124
<b>Мирошник М.М</b> Обзор системы управления обучением «eFront». ....	126

## ТЕХНОЛОГИИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Коверга М., ст. гр. КІ-14 д

научный руководитель доц. Бродский А.Л.

*Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля*

*Технологический институт*

Проблемы математического образования стары, как сама математика. В попытках обеспечить всем выпускникам средней школы «средний уровень при перегруженности программы разделами высшей математики ни к чему хорошему не привели.

А ведь у математика свое, особое место в системе знаний и, соответственно, своя роль в школьном образовании. Дело в том, что, начиная с 1 класса, математика совмещает в себе (кроме собственно математических знаний и навыков) элементы логики и информатики, весьма важные для общего развития независимо от будущей специализации.

Соответственно, пренебрежение этими элементами (особенно в старших классах) дает в результате выпускника, не умеющего думать, строить алгоритмы своих действий и т.п.

Выход из ситуации видится в сокращении общего курса математики (с сохранением полного объема для части школьников) и изменении методики и структуры всего математического цикла. Требуется ориентировать будущих выпускников на четкую постановку задачи, анализ имеющихся данных, построение алгоритмов получения недостающих данных. Тем более, что это решение видно многим. Так, в Финляндии, где, как известно, одна из лучших образовательных систем в мире, обсуждается реформа, в результате которой математики не будет в старших классах школы как обязательной дисциплины.

Литература

1. Долженко И.В. Проблемы школьного математического образования. – [www.fwipx.com/file/1364252](http://www.fwipx.com/file/1364252)
2. Результаты ЗНО. Шкільна освіта в Україні заслуговує на «трійку».- [www.vidomosti-ua.com/Ukraine/31529](http://www.vidomosti-ua.com/Ukraine/31529)

## СВІТЛОДІОДНИЙ ТЕРАПЕВТИЧНИЙ АПАРАТ КОМБІНОВАНОГО ТИПУ

Сафронова Д. В., слухач *Київської Малої академії наук учнівської молоді*

Науковий керівник: ст. викладач Воронкін О. С.

*Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*

Про цілющий вплив сонячних променів на організм людини відомо з доісторичних часів. Відомо, що сонячний спектр складається з 10% ультрафіолетових променів, 40% променів видимого спектра і 50% інфрачервоних променів. Різні шари шкіри неоднаково поглинають оптичне випромінювання різної довжини хвилі. Глибина проникнення світла наростає при переході від ультрафіолетового випромінювання до помаранчевого з 0,7–0,8 до 2,5 мм, інфрачервоне випромінювання проникає на глибину 20–30 мм.

Виявилося, що світло пригнічуючи діє на мікроорганізми і грибки, його тривалий вплив призводить до їх загибелі і навіть до розкладання. Енергія випромінювання при взаємодії з тканинами організму перетворюється в інші види енергії (хімічну, теплову тощо). Саме це служить пусковою ланкою фізико-хімічних і біологічних реакцій, що сприяють терапевтичному ефекту. При цьому кожен з типів електромагнітних полів і випромінювань викликає властиві тільки йому фотобіологічні процеси, що й визначає специфічність їх лікувальних ефектів.



У доповіді розглядається модель світлоапарата із застосуванням потужних світлодіодів - червоного, інфрачервоного, ультрафіолетового. Нами були обрані світлодіоди EDEI-1LA3, EDSR-3LA3, EDEV-1LA1, загальні характеристики яких зведено в табл. 1. Блок-схема апарата світло терапії наведена на рис. 1.

Таблиця 1.

Технічні характеристики світлодіодів за паспортами виробників

Тип світлодіоду	EDEI-1LA3	EDSR-3LA3	EDEV-1LA1
Довжина хвилі	850 нм	623 нм	400 нм
Рекомендована типова напруга живлення	1,9 В	2,3 В	3,7 В
Струм споживання	0,7 А	0,7 А	0,35 А
Потужність за паспортом	1 Вт	3 Вт	1 Вт
Кут світіння	120 <sup>0</sup>	140 <sup>0</sup>	140 <sup>0</sup>

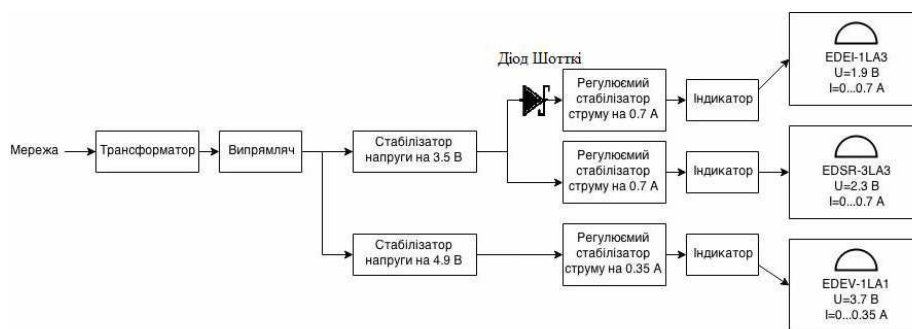


Рис. 1. Блок-схема апарата світлотерапії

Для стабілізації напруги (3,5 В і 4,9 В) нами була використана типова схема включення мікросхеми-стабілізатора LM-2596T-ADJ (рис. 2). Для стабілізаторів струму на 0,7 А та 0,35 А ми використали мікросхему LM317. Зазначимо, що випромінювач може бути як з одним світлодіодом (три датчика окремо), так і бути комбінованим - вміщувати у себе три світлодіоди (рис. 3).

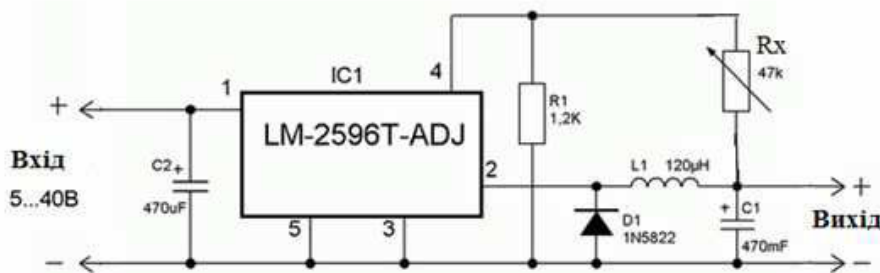


Рис. 2. Електрична схема типового стабілізатора напруги (значення встановлюється добром Rx)

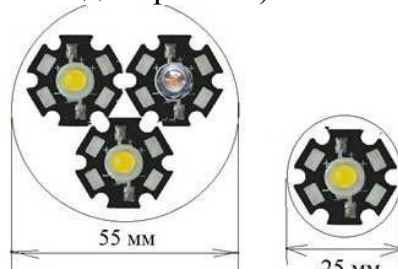


Рис. 3. Приклад оформлення датчика світлоапарата

Різні комбінації включення світлодіодів разом з регулюванням інтенсивності світіння дозволяють добрати індивідуальний курс лікування. Терапевтичний ефект пристрою пояснюється біостимулюючим впливом на активність найважливіших тканинних ферментів, біосинтез білків, ДНК, РНК та інших найважливіших органічних молекул (в результаті чого змінюються метаболізм в тканинах і інтенсивність проліферації клітин). Розробка може використовуватися у медичних закладах для лікування таких захворювань шкіри як трофічні виразки, псоріаз, дерматит, лишай та ін. Під час сеансу пацієнт може відчувати тепло, але воно не має бути чітко вираженим, у іншому випадку потрібно зменшити інтенсивність випромінювання.

## РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОНАГРІВАЛЬНОГО ПРИЛАДУ НА ОСНОВІ ГРАФІТОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Головка Д. П., учень 11 класу ЗОШ № 20 м. Сєверодонецька

Науковий керівник: ст. викладач Воронкін О. С.

*Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*

У сучасному житті застосовується велике різноманіття нагрівальних приладів. Як відомо в електронагрівальних приладах електрична енергія перетворюється на теплову, при цьому використовуються провідники високого опору, інфрачервоні, індукційні, високочастотні, термоелектричні засоби.

У доповіді розглядаються фізичні основи електронагрівальних приладів та їх класифікація. Запропоновано конструкцію електронагрівального приладу – прямокутний діелектричний каркас із закріпленими з двох сторін графітовими стрижнями з зовнішніми габаритами робочої поверхні 130x150 мм. На кожній стороні розміщено по 7 графітових стрижнів, з'єднаних послідовно за допомогою струмопровідних лап (рис. 1, рис. 2). Параметри графітових стрижнів: робоча довжина  $l=120$  мм, діаметр  $d=6,5$  мм.

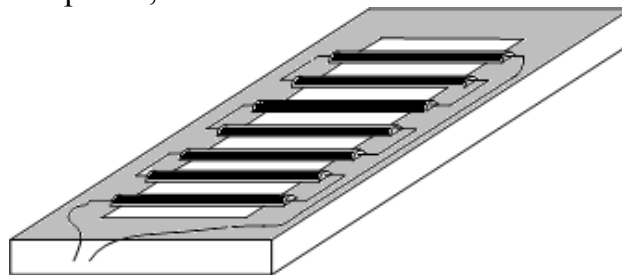


Рис. 1. Експериментальна модель нагрівача

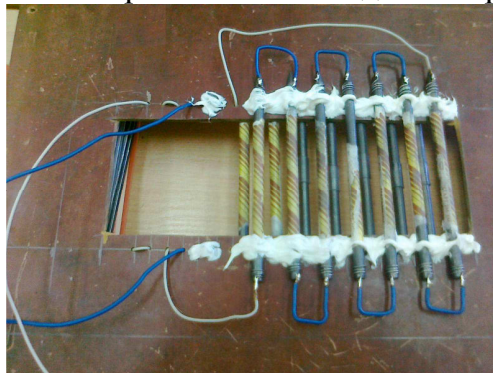


Рис. 2. Фотографія експериментальної моделі

Головними чинниками, що посприяли вибору графіту в якості резистивного елемента, є те, що: 1) коефіцієнт провідності більший ніж у багатьох металів;



2) графіт витримує значні перепади температур; 3) міцність підвищується з підвищенням температури.

У результаті проведених експериментальних досліджень знято вольт-амперні характеристики, визначено ККД ( $\eta=35\%$ ), досліджено залежність температури елементів від напруги джерела живлення.

Запропоновано використовувати модифіковану конструкцію графітового нагрівача підвищеної міцності на практиці для передпускового підігріву акумулятора автотранспортних засобів, а також для передпускового підігріву картерного масла та дизельного палива при низьких температурах. Перевагою такого типу нагрівача є низький опір, що не потребує для живлення спеціальних високовольтних джерел (або перетворювача напруги бортового акумулятора). Практичним результатом є зниження електричного опору нагрівача з попередньо заданими розмірами до значень, придатних для нагрівання при електробезпечних напругах живлення (12В та/або 24В).

### ПІДВИЩЕННЯ ККД ОДНОСТУПІНЧАТОЇ ГАРМАТИ ГАУСА

Недодай М. Г., слухач *Київської Малої академії наук учнівської молоді*

Науковий керівник: ст. викладач Воронкін О. С.

*Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*

Одним із різновидів електромагнітного прискорювача мас є Гармата Гауса. Так електромагнітний прискорювач мас складається з котушки, намотаної на діелектричний полий каркас, що виконує роль ствола. В одному з його кінців розміщується снаряд (феромагнетик). При протіканні імпульсу електричного струму в соленоїді виникає магнітне поле, що прискорює снаряд, „втягуючи” його всередину соленоїда. На кінцях снаряда при цьому утворюються полюси симетричні полюсам котушки, через що після проходження центру соленоїда снаряд притягується в зворотному напрямку, тобто гальмується.

Характеристики розроблюваного прототипу зведено в табл. 1 ( $L$  – індуктивність котушки,  $C$  – ємність конденсаторної батареї). ККД отримано при моделюванні в програмі FEMM. Параметр ККД/швидкість наведений при заглибленні снаряду в соленоїд на 3,3 мм.

Конденсаторна батарея (2680 мкФ) накопичує енергію до 98 Дж та повністю розряджається за 0,04 с. Час, за який ЕРС зростає до максимуму і спадає до 0 дорівнює 0,08 с. Соленоїд було намотано дротом діаметром 0,8 мм у 252 витки. Котушка має 32 мм у довжину ( $l_c$ ), внутрішній діаметр 6 мм ( $d_c$ ), а зовнішній – 25 мм ( $D_c$ ). В якості снарядів використовувалися металеві циліндри довжиною 43 мм ( $l$ ) та діаметром  $\sim 4$  мм ( $d$ ). Маса таких снарядів дорівнювала 4 грамам, що дозволило придати їм енергію у 0,8 Дж при швидкості 20,7 м/с. Скорострільність (за часом повної зарядки конденсаторів) склала 8 пострілів на хвилину.

Таблиця 1.

Характеристики досліджуваної моделі без зовнішнього магнітопроводу

Геометричні параметри соленоїду, мм	$L$ , мкГн	$C$ , мкФ	$U$ , В	Параметри снаряду, мм	ККД, % / Швидкість снаряду, м/с
$l_c = 32$ $D_c = 25$ $d_c = 6$	302,7	2680	270	$l = 43$ $d = 3,7$	0,81/23,9

Змодельовавши в програмі FEMM зовнішній магнітопровід для соленоїда, ми отримали збільшення ККД до 0,96%. Він не дозволяє розсіюватись магнітному полю, і зосереджує його всередині соленоїду, завдяки чому і збільшується дія поля на снаряд, а отже і ККД гармати (рис. 2). Таким чином, використання зовнішнього магнітопроводу є найлегшим способом підвищення ККД.

Ще одним способом є знаходження „ідеальної” позиції снаряду. Це така позиція, при якій дія соленоїду на снаряд буде максимальною. Використовуючи функцію оптимізації програми FEMM, ми знайшли найефективнішу позицію снаряду для створеної гармати – снаряд має бути заглибленим на 3,3 мм в соленоїд.

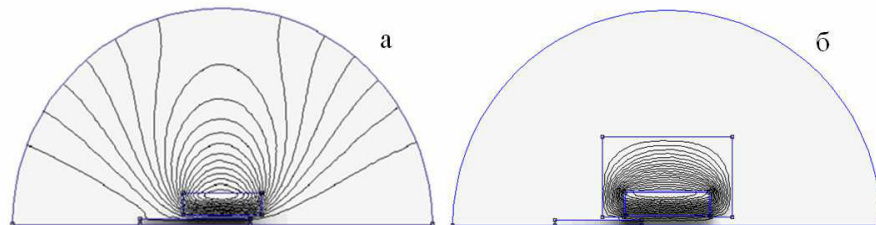


Рис.1 Модель силових ліній соленоїду: а - без магнітопроводу, б – з магнітопроводом (при однакових параметрах)

Наступним способом підвищення ККД є вимкнення струму при досягненні снарядом середини котушки (магнітне поле не гальмуватиме снаряд у такому випадку). Для досягнення такого завдання доцільно використовувати сферо-конічні градієнтні котушки. Це пояснюється тим, що спочатку струм на котушці максимальний, а далі спадає зворотно експоненті. Розгін снаряду під час цього проходить більш рівномірно, ніж в циліндричних котушках. Діаметр таких котушок не має перевищувати 1,5 довжини котушки.

Таким чином, у нас було досліджено фізико-технічні властивості електромагнітного прискорювача мас, створено експериментальний прототип. Методом комп'ютерного моделювання були визначені способи підвищення ККД, що знайшло підтвердження під час експериментальних дослідів.

Гармату Гауса доцільно використовувати в якості навчально-демонстраційного устаткування у навчальному процесі вишів.

## МЕТОДИ ЛАБОРАТОРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ КУЛЬОВОЇ БЛИСКАВКИ

Свістула В. М., Колпакова А. Г., *ст. гр. ПН-141*

Науковий керівник: ст. викладач Воронкін О. С

*Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*

Створення лабораторної моделі кульової блискавки (КБ) дає можливість більш глибоко вивчати її. Тому протягом історії вивчення КБ неодноразово вживали спроби відтворити її в лабораторних умовах. Серед багатьох таких спроб були й вдалі, коли утворювалися світні утворення в повітрі, у воді. Але навіть ці успішні спроби не дозволяють отримати більш глибоке уявлення про її природу.

Постановка експерименту є типовою - створюється електричний розряд, як правило, високовольтний, у спеціально підібраних умовах (матеріал електродів, форма електродів, тривалість розряду, додаткова речовина, уведена в область розряду).

Так, у досвідах Дж. Барри, що досліджував розряд у повітрі, до якого був доданий у невеликих кількостях горючий газ (типу бутану), виникала світна кулька. Вона рухалася по камері протягом 1 с, відскакувала від стінок і залишалася цілою.

При дії НВЧ розряду на пари води в експериментах Е. Протасевича виникала світна куля, що існувала близько 1 с. Усередині кулі були виявлені великі електричні поля, електрони у високій концентрації й водень, що утворювалися з води під дією НВЧ випромінювання [1].

Відомі методи, що дозволяють отримувати при імпульсному енерговиділенні гідратовану плазму (світні плазмоїди) [2]. Гідратована плазма утворюється в тих випадках, коли в водяну пару або у вологе повітря потрапляє популяція позитивних і негативних іонів. При зближенні гідратованих іонів різного знаку утворюються кластери з великим дипольним моментом. Через кластеризацію плазми процес рекомбінації іонів різко сповільнюється – акумульована енергія поступово перетворюється в світлове випромінювання.

Для створення кульових блискавок у лабораторних дослідженнях також використовують високочастотні установки. Одна з них представлена у роботі [3]. Основна її частина складається із чвертьхвильового спірального резонатора сповільнюючої хвилі, розташованого над провідною, заземленою площиною. Дослідники описують спостереження великої кількості аналогів КБ діаметром від декількох міліметрів до декількох сантиметрів на такий установці. Час їхнього життя – до декількох секунд, колір змінювався від темно-червоного до яскраво-білого. Іскровий розрядний генератор виробляв 800 імпульсів у секунду, а тривалість іскри становила 100 мкс.

Ізраїльські вчені Е. Йербі та В. Діхтяр запропонували метод отримання КБ з розплаву твердих матеріалів (кремнію, скла, германію та алюмінію). Для цього використовувалася лабораторна установка з магнетроном частотою 2,45 ГГц і потужністю 600 Вт [4]. Спочатку за допомогою компактного випромінювача - мікрохвильової дрилі на поверхні кремнієвого субстрату створювалася розплавлена область. Потім, повільно відводячи випромінювач мікрохвильової дрилі, витягувалася розплавлена крапля речовини. При її випаровуванні крапля "вибухала", утворюючи стабільне світне утворення у вигляді кулі діаметром до 3 см. Було зроблено висновок, що механізм синтезу КБ може бути близьким до природного, коли невеликий об'єм речовини швидко розігрівається, перетворюючись на суміш іонів газу і мікрочастинок.

Згідно ще однієї гіпотези блискавка, вдаряючи в землю, за рахунок раптового і значного підвищення температури швидко випаровує оксид кремнію в ґрунті, а ударна хвиля викидає газ, що утворився в повітря (Дж. Абрахамсон). Органічні речовини у ґрунті, наприклад, листя або коріння рослин швидко згорають, віднімаючи кисень у окису кремнію, так що наприкінці процесу залишається гарячий кремнієвий газ, який у свою чергу, починає інтенсивно окислюватися в повітрі, приводячи до утворення розпеченої кулі, яка згорає протягом лічених секунд.

### Література

1. Протасевич Е. Т. «Шаровая молния» на лабораторном столе / Е. Т. Протасевич // Химия и жизнь. – 1986. – № 8. – С. 49–50.
2. Егоров А. И. Демонстрация шаровой молнии в лаборатории / А. И. Егоров, С. И. Степанов, Г. Д. Шабанов // Успехи физических наук. – 2004. – Т. 174. – № 1. – С. 107–109.
3. Корум К. Л. Эксперименты по созданию шаровой молнии при помощи высокочастотного разряда и электрохимические фрактальные кластеры / К. Л. Корум, Дж. Ф. Корум // Успехи физических наук. – 1990. – Т. 160. – Вып. 4. – С. 47–58.

4. Dikhtyar V. Fireball Ejection from a Molten Hot Spot to Air by Localized Microwaves / V. Dikhtyar and E. Jerby // Physical review letters. – 2006 (3 February). – Режим доступу : <http://www.eng.tau.ac.il/~jerby/67.pdf>.

### ПРИГОРОДА КУЛЬОВОЇ БЛИСКАВКИ

Кобзар М. В., Свістула В. М., *ст. гр. ПН-141*

Науковий керівник: ст. викладач Воронкін О. С

*Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*

Пояснення природи кульової блискавки (КБ) є однією з найбільших фундаментальних проблем фізики. Ще в 1950–1955 рр. П. Л. Капиця розробив надвисокочастотні генератори – планотрон і ніготрон потужністю до 300 кВт (у безперервному режимі) і виявив, що при високочастотному розряді в щільних газах утворюється стабільне плазмове утворення (передбачувана температура електронів  $10^5 \dots 10^6$  К). Тоді він висунув гіпотезу про природу КБ як про стаціонарний надвисокочастотний розряд у атмосфері.

У 1974 р. І. П. Стаханов запропонував так звану кластерну іонно-молекулярну гіпотезу. Кластер – це позитивний або негативний іон, обкутаний щільною хмарою з нейтральних молекул. Відомо, що молекула води є полярною молекулою, оскільки центри її позитивних зарядів не збігаються із центрами негативних зарядів. Вона в силу своєї полярності втримується поблизу іонів силами електростатичного притягання. Гідратованим називається іон, оточений молекулами води. Відповідно до гіпотези І. П. Стаханова, речовина кульової блискавки може складатися саме з таких комплексів. Кластерна гіпотеза стверджує, що КБ – це самостійно існуючий об'єкт, тобто об'єкт, до якого не підводиться енергія від зовнішніх джерел. Він складається з важких позитивних і негативних іонів, рекомбінація яких серйозно вповільнена через гідратацію іонів.

Згідно ще однієї гіпотези КБ може являти собою плазмову кулю, де плазма підтримується за рахунок надвисокочастотних електромагнітних коливань усередині цього сферичного резонатора, причому ці коливання у свою чергу збуджуються електричним струмом поздовжніх хвиль щільності зарядів.

Також існує гіпотеза про виділення усередині кульової блискавки енергії за рахунок реакції термоядерного синтезу між ядрами компонентів повітря.

Ще одна гіпотеза належить В. Н. Леонович, відповідно до якої КБ – це велика крапля рідкого атомарного водню, що перебуває в збудженому нерівноважному стані. При влученні блискавки у водойм, у струмоведучому каналі, відбудеться електроліз води й утворення атомарного водню, який може сконденсуватися в рідину з питомою вагою, що співпадає з питомою вагою повітря. Ця рідина виштовхується з води у формі кулі або, набагато рідше, у формі тора. Якщо ж блискавка потрапить не у водойм, а в предмет з великою поверхнею, змоченою водою (крона дерева), то також може утворитися достатня кількість збудженого атомарного водню й конденсація його, за сприятливих умов, у рідину, але в цьому випадку швидше за все у формі кулі. Об'єкт, що утвориться, буде переміщатися в повітрі, випромінюючи жовтогаряче, блакитне або фіолетове світіння (спектральні лінії випромінювання атомарного водню).

Головна проблема при побудові гіпотези КБ – пояснення стійкості її форми. Зазвичай виходять з того, що кульова блискавка найбільше схожа на хмару, тобто розглядають її як дисперсну середу. Але хмара, що складається з плазми, газу або аерозолі є не стійкою, так як немає сил, які здатні протистояти зовнішнім силам, що змінюють її форму. До теперішнього часу такі гіпотези так і не змогли пояснити стійкість форми КБ. Б. М. Смирнов дає пояснення, виходячи з того, що КБ являє собою

каркас фрактальних кластерів. Хімічні реакції відбуваються в багатьох точках каркаса, в них розвивається висока температура (тисячі градусів) і з'являється світіння. У цілому температура КБ залишається незначною.

Враховуючи наявність власного електричного поля С. І. Степанов представив КБ не у вигляді каркаса, а як аерозольну хмару, в якій протікають хімічні реакції з виділенням енергії і появою заряджених частинок (електронів або іонів). Основне його твердження полягає в наступному: в КБ є сторонній струм, який створюється виникаючими зарядженими частинками, тобто працює електрорушійна сила, відбувається розподіл зарядів, що і призводить до виникнення в КБ радіального електричного поля з великим потенціалом. Це означає, що в КБ може здійснюватися перетворення хімічної енергії в енергію поля.

Цілком можливо, що КБ бувають різних типів, і мають різну природу. Є свідчення про блискавки, які спостерігали пілоти літаків далеко від поверхні землі. У 2010 р. австрійські вчені Дж. Бенкет і А. Кендл припустили, що спостереження КБ в природних умовах можна інтерпретувати як прояв фосфенів – зорових відчуттів без впливу на око світла (що по суті є галюцинацією). Вони припустили, що магнітні поля певних блискавок з повторюваними розрядами індують електричні поля в нейрони зорової кори, які й сприймаються людиною як кульова блискавка. Фосфени можуть проявитися у людей, які перебувають на відстані до 100 метрів від удару блискавки. Ця гіпотеза була опублікована в науковому журналі *Physics Letters*.

## **ЗАСТОСУВАННЯ АНАЛОГОВИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ОКРЕМОГО КЛАСУ ЗАДАЧ РОЗДІЛУ “МЕХАНІКА”**

Прокопович О. Л., слухач *Київської Малої академії наук учнівської молоді*

Науковий керівник: ст. викладач Воронкін О. С

*Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*

Як відомо, поступальний рух описується виразом:

$$S = S_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (1),$$

де  $S_0$  – шлях, пройдений до моменту  $t=0$ ;  $v_0$  – початкова швидкість;  $a$  – прискорення;  $t$  – поточний час.

Перший доданок формули можна імітувати джерелом постійної напруги (позначимо  $U_s$ ); якщо пройдений шлях вимірювати в метрах, то масштаб моделі за цим параметром  $K_s = \text{м/В}$ .

Другий доданок характеризує рівномірний поступальний рух.  $v_0$  можна імітувати ще одним джерелом постійної напруги (позначимо  $U_v$ ) з наступним інтегруванням.

Третій доданок характеризує рівноприскорений поступальний рух. Прискорення  $a$  також можемо імітувати джерелом постійної напруги (позначимо  $U_a$ ) з наступним подвійним інтегруванням.

Враховуючи все вищезазначене розроблена структурна схем наведена на рис. 1, де джерело постійної напруги  $U_s$  позначено ДПН1,  $U_v$  – ДПН2,  $U_a$  – ДПН3, суматор –  $\Sigma$ . Математична операція інтегрування позначена ІНТ. Фізична інтерпретаційна модель наведена на рис. 2.

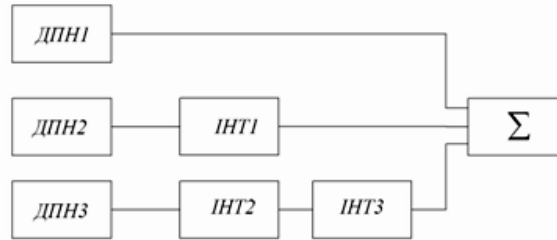


Рис. 1. Структурна схема моделювання руху електричними методами

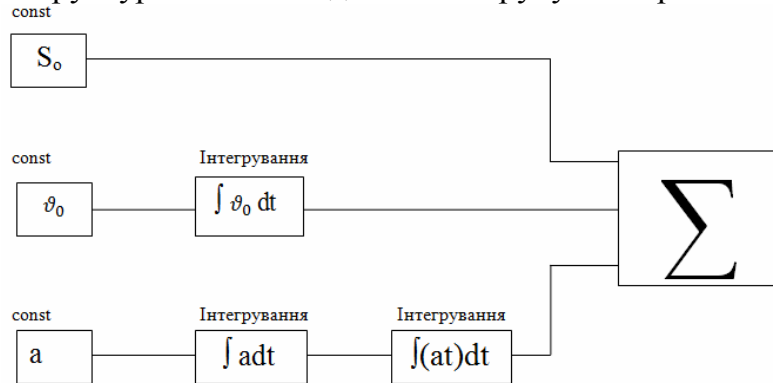


Рис. 2. Фізична інтерпретація моделі

Таким чином, аналогією поступального руху заданого формулою (1) може служити вираз для напруги (2):

$$U = U_s + \int U_v dt + \iint U_a dt \quad (2).$$

Оскільки  $U_s = const$ ,  $U_v = const$ ,  $U_a = const$ , тоді:

$$U = U_s + \int U_v dt + \iint U_a dt = U_s + U_v t + U_a \frac{t^2}{2} \quad (3).$$

Схемотехнічна модель (EWB32) наведена на рис. 3.

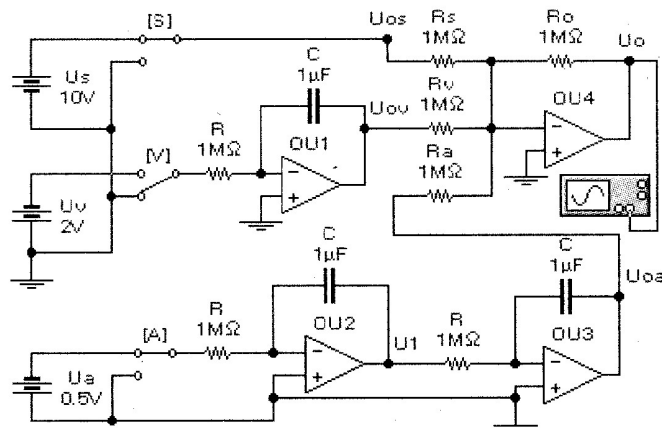


Рис. 3. Схема для відтворення руху у програмі EWB

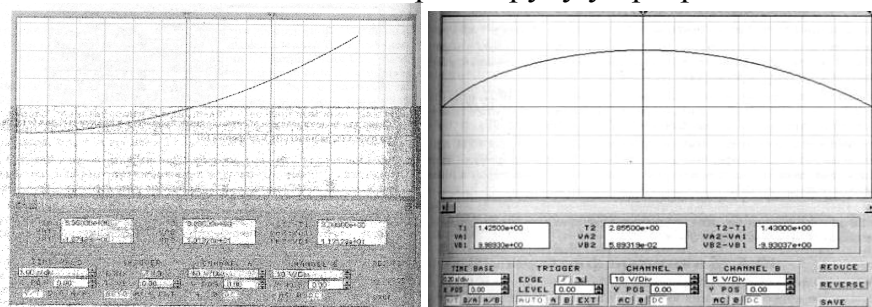


Рис. 4. Рівноприскорений рух (а), тіло, кинуте під кутом к горизонту (б)



Отримана схема дає можливість візуалізувати на осцилографі графіки фізичних величин, що характеризують механічний рух. Зазначимо, що через деякий час ємності С будуть повністю заряджені, тому для того, щоб процес моделювання відбувався періодично необхідно їх розряджати.

Використовуючи дані, представлені в роботі, стає можливим розробка кінцевого пристрою, що дасть змогу спостерігати графіки рухів на осцилографі й полегшить процес сприйняття навчального матеріалу.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОГО РАДИАЦИОННОГО ФОНА В ФИЗИЧЕСКОМ ПРАКТИКУМЕ**

Карнаухов А.А. ст.гр. ПН-141м

Научный руководитель доц. Кудленко В.Г.

*Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля*

Лабораторные работы по физике демонстрируют действие физических законов и тем самым возбуждают у студентов интерес к предмету, воспитывают в них творческую инициативу. Обычно они тесно связаны с лекционным курсом. Поскольку значительная часть курса связана с физикой прошлого века, большинство лабораторных работ известны в течении многих десятилетий, если не больше.

Почувствовать дух современной науки студент может при выполнении лабораторных работ по ядерной физике [1]. Постановке таких работ с использованием искусственных радиоактивных источников часто препятствуют бюрократические нормы, преодоление которых требует времени и финансовых затрат. Избежать этого можно, используя в качестве источника излучений естественный радиационный фон.

В физическом практикуме для студентов ВНУ им. В.Даля, обучающихся по специальности «Прикладная физика», таких работ несколько:

1. Статистические ошибки измерений в ядерной физике.
2. Снятие характеристики счетчика Гейгера-Мюллера по космическому излучению.
3. Дозиметрия ядерных излучений.
4. Оценка периода полураспада короткоживущих атомных ядер.
5. Регистрация мюонов космического излучения на поверхности Земли.
6. Изучение активности препарата, содержащего торий.

Первые три работы являются достаточно известными. Четвертая работа убедительно доказывает наличие радоновой опасности.

Детального внимания, на наш взгляд, заслуживает пятая из перечисленных лабораторных работ, вариант выполнения которой представлен ниже.

Космическое излучение – это стабильные частицы и ядра атомов, зародившиеся и ускоренные до высоких энергий где-то вне Земли.

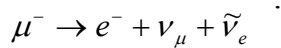
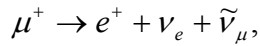
Это излучение имеет галактическое (энергии до  $10^{20}$  эВ и выше) и солнечное происхождение (энергии  $\leq 10^{10}$  эВ). В состав космического излучения входит: примерно 90% протонов, 7%  $\alpha$ -частиц, 1% электронов и позитронов. В оставшейся доле содержатся ядра более тяжелых элементов. Заметная трансформация первичных космических лучей в атмосфере начинается на глубине примерно 3 г/см<sup>2</sup>, что соответствует высоте примерно 40 км (граница атмосферы).

В процессе взаимодействия протонов с ядрами атомов атмосферы с большой вероятностью происходит множественное рождение  $\pi$ -мезонов (0,9), с вероятностью 0,05 – 0,1 – К-мезонов, с вероятностью около 0,01 гиперонов и антипротонов и с еще меньшей вероятностью электронов, позитронов и мюонов [2].

Образовавшиеся нейтральные пионы из-за малого времени их жизни практически сразу распадаются на два гамма-кванта, давая тем самым, начало электрон-фотонной компоненте. Заряженные пионы распадаются по схемам:



Максимальная генерация мюонов приходится на высоту  $\sim 15$  км. Собственное время жизни мюонов составляет  $\sim 2 \cdot 10^{-6}$  с, а скорость близка к скорости света, и именно в силу релятивистского замедления времени мюонам удается достичь земной поверхности. В конце жизни мюоны распадаются по схемам:



На уровне моря вторичное космическое излучение состоит в основном из мюонов (жесткая компонента), электронов и гамма-квантов (мягкая компонента). Эти компоненты разделяются слоем свинца  $\sim 5$  см и это свойство используется для решения данного задания.

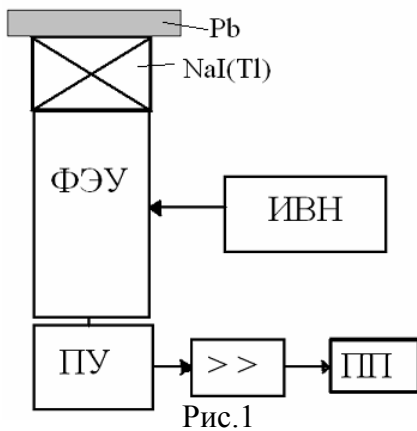


Рис.1

Блок-схема установки для этой лабораторной работы представлена на рис.1, где использованы следующие обозначения: ФЭУ – фотоэлектронный умножитель типа ФЭУ-82; ПУ – предварительный усилитель; ИВН – источник высокого напряжения; ПП – пересчетный прибор; >> - спектрометрический усилитель; NaI(Tl) – сцинтиллирующий кристалл; Pb – слой свинца. Сцинтилляционный детектор находится в свинцовой защите (на рис.1 не показана). В верхней части Pb защиты её толщина может изменяться.

Таблица результатов, полученных в одном из опытов, представлена ниже. В отсутствие поглотителя и для каждого слоя свинца измерения, в которых фиксировалось количество отсчетов детектора в течение 1 мин, проводились три раза. Видно, что уже расположение первого слоя заметно уменьшает темп счета детектора. Это доказывает, что на поверхности Земли космическое излучение состоит из двух компонент – мягкой, которая быстро поглощается свинцом, и жесткой, которая проходит практически без поглощения более 14 см свинца.

$N \cdot n/n$	$D, \text{cm}$	$N_1$	$N_2$	$N_3$	$N_{cp}$	$\Delta(N) = \sqrt{N}$
1	0	1400	1448	1198	1349	37
2	1,6	793	737	789	773	28
3	3,2	662	676	632	657	26
4	4,8	607	722	758	696	26
5	6,3	646	692	623	654	26
6	7,5	488	566	647	567	24
7	9,7	527	547	543	539	23
8	11,3	535	540	560	545	23
9	13,0	493	520	533	515	23
10	14,6	543	590	587	573	24

За измеренную интенсивность потока мюонов  $J_\mu$  можно принять интенсивность излучения, прошедшего слой свинца толщиной  $\approx 10$  см. Для мягкой компоненты  $J_e = J - J_\mu$ . Зная, что в детекторе сцинтиллятор цилиндрической формы диаметром и высотой 63

мм, можно оценить геометрический фактор установки  $k$  и определить абсолютные значения плотности потока компонент  $J_0 = J/k$  как число частиц/(см<sup>2</sup>·с·стер). Эффективность регистрации детектора можно принять равной 100%.

В качестве дополнительного задания студентам предлагается, кроме телесного угла, учить в геометрическом факторе установки угловое распределение космического излучения относительно вертикального направления в виде  $J = J_0 \cos^2 \theta$ , где  $\theta$  – угол прилета относительно вертикального направления.

1. Образованный ученый / Пер. с англ. А.В. Митрофанова. – М.: Наука. – 1979.
2. Мурзин В.С. Физика космических лучей. – М.: Изд-во МГУ - 1979.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТАРЕЛОК ПРОВАЛЬНОГО ТИПА С ОТВЕРСТИЯМИ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

Симонов М.И., ст.гр. ОХП-10 дМ

Научный руководитель доц. Тараненко Г.В.

*Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля  
Технологический институт*

В последнее время нашли применение тарелки провального типа с большим диаметром отверстий (порядка  $d_0 = 0,1$  м) [1-3]. Они применяются, как правило, в аппаратах работающих с сильно загрязненными средами. Утвержденной методики расчета таких тарелок не существует. Известно, что недостатком тарелок провального типа является узкий диапазон их эффективной работы. Поэтому совершенствование методики расчета тарелок провального типа с большим диаметром отверстий является актуальной задачей.

Были исследованы гидравлические характеристики тарелок провального типа на стенде с колонной  $D = 0,24$  м. Свободное сечение тарелок составляло  $f = 16\%$ . Исследовались тарелки с диаметром отверстий в плате тарелки  $d_0 = 0,005, 0,012, 0,03, 0,055$  и  $0,095$  м. В экспериментах использовалась модельная система вода – воздух. Плотность орошения изменялась от  $L = 13,5$  до  $47$  м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·ч), скорость газа в сечении колонны достигала  $w = 0,65$  м/с.

Было установлено, что тарелки провального типа с диаметром отверстий  $d_0 = 0,005$  м имеют существенно меньшее гидравлическое сопротивление,  $\Delta p$ , кг/м<sup>2</sup>, чем тарелки провального типа с большим диаметром отверстий для одних и тех же нагрузок по газу и жидкости. (рис. 1).

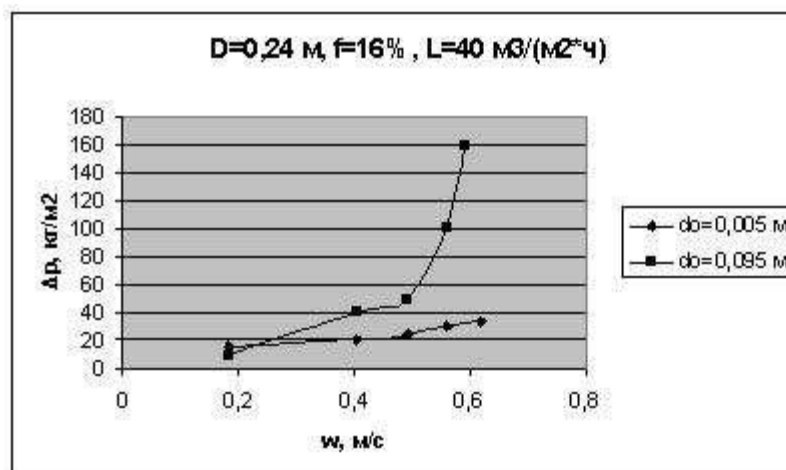


Рис. 1. График зависимости  $\Delta p = f(w)$ .

Визуально было установлено, что на тарелках провального типа с отверстиями большого диаметра (около  $d_0 = 0,1$  м) резко возрастает величина брызгоуноса.

Полученные результаты будут использованы для совершенствования методики расчета тарелок провального типа с отверстиями большого диаметра.

#### Литература

1. Зайцев И. Д. Производство соды / Зайцев И. Д., Ткач Г. А., Строев Н. Д. - М. : Химия, 1986. - 312 с.
2. Опыт использования тарельчатого абсорбера для улавливания бензольных углеводородов из коксового газа / Кузнецов В. Я., Шебастюк И. М., Большакова Л. Н., Конкина И. Н. – Кокс и Химия. - 2005. - № 2. - С. 22-23.
- 3 Пенный режим и пенные аппараты / Тарат Э. Я, Мухленов И. П., Туболкин А. Ф. [и др.] ; под ред. И. П. Мухленова, Э. Я. Тарата. - Л. : Химия, 1977. – 303 с.

### ПОИСК РАЦИОНАЛЬНОГО ВАРИАНТА ПОДВОДА ГАЗА В РЕАКТОР ПРИ АЭРОЗОЛЬНОМ КАТАЛИЗЕ

Ревенко С.А., Карпюк Л.В., Брудков А.В.

*Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля  
Технологический институт*

Существует ряд химических процессов, которые более эффективно осуществляются в присутствии катализаторов в той или иной форме. Наряду с классическими вариантами систем с неподвижным слоем катализатора используются системы с подвижным слоем. В той связи интерес представляют реакторы с псевдооживленным слоем зернистого инертного материала, с движущимся сквозь него снизу вверх мелкозернистым катализатором. Использование катализатора без носителей в воде аэрозоля позволяет повысить его активность по сравнению с неподвижным за счет исключения внутридиффузионных стадий катализа, обеспечения равнодоступности активной поверхности, возможности управления концентрацией в реакционном объеме в процессе синтеза. В реакторах такого типа пылевидный катализатор покрывает зерна инерта и удерживается, таким образом, в реакционной зоне. Использование зернистого инертного материала в псевдооживленном состоянии исключает агломерацию пылевидного катализатора и способствует его механохимической активации за счет измельчения в результате трения и многократного соударения более крупных частиц инерта. Переход от макрочастиц к микро- и наноразмерам катализатора приводит к изменению многих важных для него физико-химических свойств поверхности.

В реакторах с псевдооживленным слоем эффективность газофазных процессов во многом зависит от однородности псевдооживления и времени пребывания реагентов в зоне реакции, т.е. от высоты слоя инерта и расхода газа через реакционную зону. Однако однородное псевдооживление сыпучих материалов, как известно, возможно обеспечить только при соотношении высоты стационарного слоя

$h_c$  к диаметру аппарата  $d$  в пределах от 2 до 5. При соотношении  $\frac{h_c}{d} > 5$

псевдооживление переходит в поршневой режим, для которого характерно образование по высоте слоя газовых пробок, чередующихся с поршнями сыпучего материала.

Предложено техническое решение, позволяющее осуществить однородное псевдооживление зернистого сыпучего материала при соотношении  $\frac{h_c}{d} \leq 20$ , которое

заключається в том, что газ подается в реактор двумя потоками, один из которых поступает под газораспределительную решетку с постоянным расходом, а второй поток подается импульсно. Опробовано два варианта подачи импульсного потока газа в реактор: под газораспределительную решетку или в надслоевое пространство. Основываясь на вышеизложенном были проведены экспериментальные работы по окислению 80% водного раствора уксусной кислоты кислородом воздуха в условиях аэрозольного катализа. В качестве инертного зернистого материала использован кварцевый песок с эквивалентным диаметром 0,7 мм, а катализатором служил оксид железа  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  с исходным размером частиц 100-200 мкм. Использование импульсной подачи воздуха в надслоевое пространство реактора позволяет при постоянной высоте слоя инертного материала повысить, по сравнению с традиционным способом ожигения, производительность лабораторной модели каталитического реактора примерно в 1,8 раза и при этом снизить удельный расход катализатора в 1,5 раза. Второй вариант позволяет увеличить время пребывания реагентов в реакционной зоне и является еще и экономически выгодным при проведении термokatалитических процессов.

## МОДЕЛЮВАННЯ ВІБРООБРОБКИ ДОВГИХ ЗВАРНИХ БАЛОК ДВОМА ВІБРАТОРАМИ ОДНОЧАСНО

Мітрохін А.А. ст.гр. ІМ-741м

Науковий керівник доц. Жидков А.Б.

*Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля*

Метою роботи є побудова моделі для визначення взаємного впливу параметрів режиму віброобробки довгих зварних балок двома вібраторами одночасно.

Основними параметрами режиму віброобробки з метою зниження залишкових напруг є величина вібраційної сили, частота обробки та вплив додаткових мас. Взаємодія цих параметрів для випадку застосування двох вібраторів невивчена.

Для встановлення характеру впливу величини вібраційної сили та додаткової маси на власні частоти балки, що коливається за першою формою було побудовано математичну модель процесу. Схема навантаження балки наведено на рис. 1.

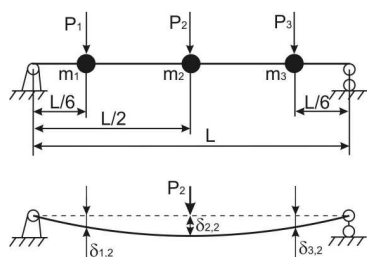


Рис. 1. Розрахункова схема.

Для спрощення моделі та для наближення її до реальних випадків було прийнято такі додаткові умови:  $P_1 = P_3$  та  $m_1 = m_3$  та відсутність розбіжності вібраторів по фазі.

Модель було побудовано з використанням Maple 10. Для системи з 3 ступенями свободи після всіх перетворень модель виглядає так:

$$\sum_{k=1}^n (-\delta_{j,k} \omega^2 m_k a_k) + a_j = \sum_{k=1}^n P_k \cdot \delta_{j,k}, \quad (1)$$

Рішення цієї системи відносно  $a_j$  є рівнянням коливань відповідної  $j$ -ї маси. Для кожного  $a_j$  рішення (1) є дріб, знаменник якого однаковий для всіх  $a_j$ . Умовою резонансу є нульове значення цього знаменника. Оскільки віброобробка зазвичай проводиться у режимі резонансу, то цікаво дослідити вплив вібраційної сили та додаткової маси ( $m_2$  на рис. 1) на резонансну частоту. Враховуючі те, що форма коливання співпадає з тією, що наведена на рис. 1 ця частота призводить до коливань згідно першої форми. При віброобробці реальних конструкцій часто власні частоти конструкції виходять за межі діапазону вібратора і для здійснення віброобробки необхідно застосування додаткових мас чи зміна вібраційної сили. Окрім того для

дебалансних вібраторів, що є найбільш поширеними, вібраційна сила є функцією від квадрату частоти. Отже встановлення характеру залежності резонансної (власної) частоти від вібраційної сили та додаткової маси має практичне значення.

Рішення рівняння, що є умовою настання резонансу в загальному вигляді отримано за допомогою Maple 10, але є дуже громіздким і спростити його не вдається. Однак для окремого випадку підставивши у нього чисельні значення для конкретної балки, варіюючи вібраційні зусилля та величину додаткової маси було отримано ряд результатів. Вібраційна сила змінювалася у межах  $100 \div 1500$  Н, а величина додаткової маси  $0 \div 150$  кг. Ці параметри були обрані з врахуванням маси балки та реальних обмежень параметрів віброобробки.

Розрахувавши коефіцієнт кореляції між власними частотами та величиною вібраційної сили і додаткової маси було отримано значення у межах  $-0,98 \div -0,88$  та  $-0,99 \div -0,94$  відповідно. Це свідчить про наявність практично лінійної зворотної залежності між найважливішими параметрами, які визначають результати віброобробки.

Отримані залежності дають змогу запропонувати шляхи керування параметрами віброобробки у тих випадках, коли використовуються 2 вібратори та власні частоти виходять за межі їх діапазону.

## **ЛИТЬЕ ПО ГАЗИФИЦИРУЕМЫМ МОДЕЛЯМ – ТЕХНОЛОГИЯ БУДУЩЕГО**

Шалевская И.А. к.т.н, Калужный П.Б. аспирант

*Восточноукраинский национальный университет имени В. Даля*

Цель работы – поиск перспективных экологически безопасных технологий для получения отливок, которые позволяют получать качественное литье с минимальными материальными затратами.

В литейном производстве существует большое количество способов получения литых заготовок. Наиболее широким инновационным потенциалом среди литейных технологий обладает литье по газифицируемым моделям (ЛГМ).

ЛГМ обеспечивает универсальность конструкций отливок и возможность объединять несколько деталей в одну. По технологии ЛГМ изготавливают такие сложные отливки как блоки цилиндров, головки и картера двигателя, которые при традиционной формовке требуют значительного количества стержней. Литые заготовки по данному способу литья могут быть получены из стали, чугуна, алюминиевых или медных сплавов[1].

ЛГМ позволяет получать более точные и гладкие отливки с меньшими припусками на механическую обработку. С применением современных фрезерных станков возможно изготовление моделей из блочного пенополистирола без затрат на изготовление дорогостоящей модельной оснастки.

Уникальность литья по газифицируемым моделям состоит в том, что при затвердевании и охлаждении отливки не образуется воздушный зазор между отливкой и формой. Это обусловлено применением сухого песка без связующего в качестве огнеупорного наполнителя, который на стадии изготовления формы и заливки ее металлом упрочняется за счет перепада газового давления. После отключения вакуума песок теряет свою прочность и может свободно перемещаться, когда отливка уменьшается в размерах, и постоянно контактировать с поверхностью отливки. Такая особенность ЛГМ процесса позволяет более эффективно управлять процессами затвердевания и охлаждения отливок, чем при литье в песчаные формы со связующим.



Литье по газифицируемым моделям (ЛГМ) является одним из вариантов малоотходной, прогрессивной и экологически безопасной технологии получения отливок. Применение процесса литья по газифицируемым моделям позволяет исключить энергоемкие, трудоемкие, экологически опасные процессы, как приготовление формовочных и стержневых смесей, изготовление из них традиционным способом форм и стержней, выбивку отливок, сократить обрубку и очистку отливок более чем на 50 % [2].

Так, отсутствие традиционных форм и стержней при изготовлении отливок массой до 1000 кг, позволяет сократить количество вспомогательных литейных материалов до 4-х: кварцевый песок, противопригарные покрытия, пенополистирол, пленка полиэтиленовая, расход которых составляет (на 1 тонну годного литья): 100 кг., 25 кг., 6 кг и 10 м<sup>2</sup>, соответственно.

В случае же применения современных технологических процессов с традиционными технологиями формообразования потребуется при производстве 1 тонны годного стального литья не менее чем 400 кг свежих формовочных песков, 100 кг бентонита, 80 кг химически твердеющих связующих, 80 кг противопригарных покрытий, а так же 30 кг различного вида добавок.

В основе литья по газифицируемым моделям лежит процесс получения отливок путем заполнения формы жидким металлом в вакуумируемые формы с пенополистироловой моделью, которая под действием теплоты жидкого металла газифицируется. При этом модель замещается жидким металлом, который впоследствии кристаллизуется и затвердевает в вакуумируемой форме из несвязанного кварцевого песка. Вакуумирование кварцевого песка перед заливкой, в период заливки и кристаллизации металла обеспечивает прочность формы за счет перепада давления между атмосферным и в форме, которое равно 0,05÷0,09 МПа. Кроме того, вакуумирование формы обеспечивает эвакуацию образовавшихся газов за пределы формы (контейнера) через вакуумпровод. Такое удаление газов из сухого песка формы согласно проведенным измерениям концентраций примесей в воздухе цеха в 10-12 раз снижает показатели загрязнений атмосферы рабочей зоны по сравнению с литьем в традиционные песчаные формы [3].

В последние годы в США, Китае, европейских странах интенсивно внедряется литье по газифицируемым моделям (ЛГМ) как наиболее недорогой и малозагрязняющий окружающую среду способ получения точных отливок. Дженерал Моторс, Форд, БМВ, Фольксваген, Пежо-Ситроен, Рено Фиат и ряд других фирм автостроения полностью перешли в 1980 - 90 гг. на изготовление отливок блоков цилиндров, головок блока, коленвалов и ряда других деталей наиболее массовых двигателей методом ЛГМ [4].

Таким образом, использование способа литья по газифицируемым моделям (ЛГМ) способствует созданию экологически чистых цехов и участков высокой культуры производства с улучшенными условиями труда. Расширение объема литейного производства за счет его реконструкции на основе новых методов литья по газифицируемым моделям приведет к снижению себестоимости и материалоемкости продукции, повышению качества отливок и при этом существенно сократит вредные выбросы пыли и газов в атмосферу цеха и окружающую среду.

#### Литература

1. Шинский О.И. Газогидродинамика и технологии литья железоуглеродистых и цветных сплавов по газифицируемым моделям. Диссертация на соискание ученой степени д.т.н. по специальности 05.16.04 - Литейное производство. Киев -1997. 473 с.

2. Шалевская И.А. Снижение вредного воздействия литейного производства на окружающую среду путем применения прогрессивных технологий // Литейщик России – 2015 - № 1 – с.37-39.
3. <http://top.dn.ua/text/press/lgm1.html> Дорошенко В.С. Современная технология производства металлических отливок – ЛГМ. С.14-16
4. Рыбаков С. А. Инновационные возможности литья по газифицируемым моделям, состояние и перспективы этого метода в России// Литейщик России. – №4. – 2009. – с. 44-45

## КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ НАДЁЖНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ИЗОЛЯЦИИ

Шабловский Я.О., Киселевич В.В.

*Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого  
(г. Гомель, Республика Беларусь)*

**Цель работы.** Аналитическое определение количественных показателей функциональной надёжности электрической изоляции.

**Основная часть.** Для описания надёжности электрической изоляции как объекта, работающего до первого отказа, обычно используют вероятностный закон Вейбулла-Гнеденко [1, 2]. Между тем, данный закон неприменим на длительном временном интервале, т.к. позволяет описывать лишь отдельные периоды эксплуатации изоляции (приработка, нормальная эксплуатация и окончательный износ), причём согласно этому закону период нормальной эксплуатации имеет несвойственную "старееющим" объектам постоянную во времени интенсивность отказов. Нами выдвинута альтернативная математическая модель отказа электрической изоляции, основанная на суперпозиции равномерного и экспоненциального законов распределения вероятностей и обеспечивающая корректное аналитическое описание функциональной надёжности.

Отказ изоляции предлагается рассматривать как суперпозицию внезапного отказа, моделируемого экспоненциальным распределением, и постепенного отказа, обусловленного естественным износом и описываемого равномерным распределением. Это позволяет получить следующие аналитические выражения: плотность функции распределения вероятностей отказов электроизоляции

$$q(t) = \frac{c_w}{t_E} + (1 - c_w) \frac{e^{-t/t_0}}{t_0} ; \quad (1)$$

функция распределения вероятностей отказов

$$Q(t) = \frac{c_w t}{t_E} + (1 - c_w)(1 - e^{-t/t_0}) ; \quad (2)$$

функция интенсивности отказов

$$\lambda(t) = \frac{c_w + (1 - c_w) \frac{t_E}{t_0} e^{-t/t_0}}{t_E [1 + (1 - c_w)(e^{-t/t_0} - 1)] - c_w t} ; \quad (3)$$

средняя наработка на отказ (среднее время безотказной работы)

$$\tau = c_w \frac{\bar{t}^2}{2t_E} + (1 - c_w)t_0 \left[ 1 - e^{-\bar{t}/t_0} \left( 1 + \bar{t}/t_0 \right) \right] ; \quad (4)$$

дисперсия времени безотказной работы

$$D_t = c_w \frac{\bar{t}^3}{3t_E} + (1 - c_w) [2t_0^2 - e^{-\bar{t}/t_0} (\bar{t}^2 + 2\bar{t}t_0 + 2t_0^2)] - \tau^2 \quad (5)$$

Здесь  $t$  – время;  $c_w$  – долевой вклад равномерного износа изоляции при заданных условиях эксплуатации;  $t_E$  – парциальное время полного износа изоляции в отсутствие внезапных отказов;  $t_0$  – математическое ожидание внезапного отказа в заданных условиях;  $\bar{t}$  – время до отказа изоляции. Принимая во внимание, что  $\lambda|_{t \rightarrow \bar{t}} \rightarrow \infty$ , из выражения (3) можно определить величину  $\bar{t}$ :

$$\bar{t} = t_E \left( 1 + \frac{1 - c_w}{c_w} e^{-\bar{t}/t_0} \right) \quad (6)$$

При  $\bar{t}/t_0 \geq 8$  с погрешностью менее 1,5% можно считать, что  $e^{-\bar{t}/t_0} \approx 0$ , т.е.  $\bar{t} \approx t_E$ . Тогда соотношения (4) и (5) можно преобразовать к виду:

$$\tau \approx c_w \frac{t_E}{2} + (1 - c_w) t_0; \quad (7)$$

$$D_t \approx c_w \frac{4 - 3c_w}{12} t_E^2 - c_w (1 - c_w) t_E t_0 + (1 - c_w^2) t_0^2 \quad (8)$$

Графики временных зависимостей показателей надёжности электрической изоляции, определяемых выражениями (1) – (3), приведены на рисунке.

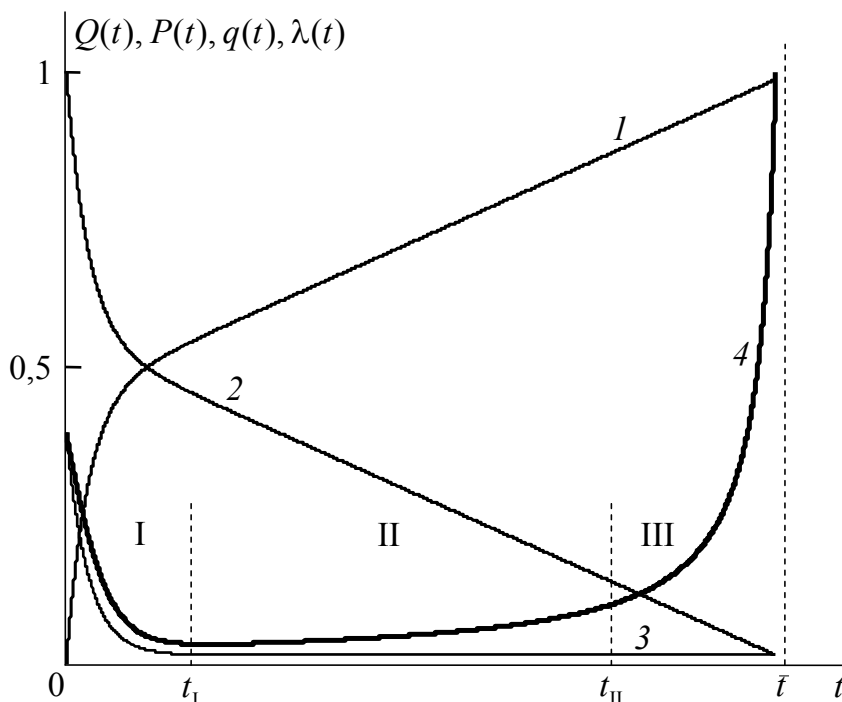


Рисунок – Временные зависимости: 1 – функции распределения вероятностей отказов  $Q(t)$ , 2 – функции распределения безотказной работы  $P(t)$ , 3 – плотности функции распределения вероятностей отказов  $q(t)$ , 4 – функции интенсивности отказов  $\lambda(t)$

На графике функции интенсивности отказов  $\lambda(t)$ , имеющем "жёлобообразный" вид, отчётливо выделяются три временных интервала: период приработки I, на котором интенсивность отказов стремительно убывает со временем; период нормальной эксплуатации II, для которого характерна слабо возрастающая интенсивность отказов;

период окончательного износа III с быстро возрастающей во времени интенсивностью отказов.

**Заключение.** В рамках математической модели отказа электрической изоляции, основанной на суперпозиции равномерного и экспоненциального законов распределения вероятностей, получены соотношения для расчёта количественных показателей надёжности: функции распределения вероятностей отказов, плотности этой функции, функции интенсивности отказов, средней наработки на отказ и дисперсии времени безотказной работы.

1. Гнеденко Б. В. Математические методы в теории надёжности / Б. В. Гнеденко, Ю. К. Беляев, А. Д. Соловьев. – Москва: Наука, 1965. – С. 102–103.

2. Murthy D. N. P. Weibull models / D. N. P. Murthy, M. Xie, R. Jiang. – Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2004. – P. 9–10.

## НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРОФИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Титаренко В.О., студент гр. ММ-411, Коструб В.А., доц., канд.техн.наук

*Восточнoукраинский национальный университет имени Владимира Даля*

**Введение.** Снижение веса автомобильных конструкций вызывает необходимость применения для их изготовления композиционных материалов (КМ). Совершенствование технологических процессов переработки КМ, и, в частности, волокнистых КМ с эпоксифенольными матрицами, приводит к появлению новых методов формования требуемых изделий. Одним из таких методов, позволяющих реализовать непрерывное поточное формование длинномерных профильных изделий из волокнистых КМ, является метод ролтрузии.

**Сущность метода ролтрузии.** Традиционный метод пултрузии заключается в получении профиля поперечного сечения длинномерного изделия путем пропускания пропитанной связующим волокнистой арматуры сквозь каскад формирующих фильер с одновременной полимеризацией. При этом получают однонаправленные профильные стержневые изделия, которые, обладая прекрасными физико-механическими характеристиками в продольном направлении, имеют в то же время весьма низкие свойства в трансверсальном направлении.

Как известно, с целью улучшения трансверсальных свойств продольно армированных профильных изделий из волокнистых КМ, необходимо использовать гибридизацию [2], вводить дополнительные слои трансверсальной арматуры [1], например спиральную или плетеную обмотку. Наличие обмоточных слоев на поверхности пултрудируемых профилей вызывает ряд проблем, серьезнейшей из которых является сбивка спиральной обмотки и, как следствие, нарушение схемы армирования, возникающее при контакте внешнего слоя трансверсальной арматуры с формирующими фильерами. Это приводит к снижению прочности профильных элементов в связи с появлением концентраторов напряжений. Кроме того, при сбивке обмотки происходит местное увеличение периметра формируемого изделия, что может приводить к рывкам во время процесса протяжки, нарушения шага обмотки или оплетки и даже к остановке линии.

Устранение этих недостатков возможно в случае, если формирующий тракт перемещается одновременно с формируемым полуфабрикатом профильного изделия. Реализовать такое условие позволяет метод ролтрузии, т.е. формование с помощью профилирующих приводных роликов, схема которого представлена на рис. 1.

Формирующие ролики имеют автономный привод, скорость вращения которого синхронизирована со скоростью протяжки.

Полуфабрикат для формования профильных изделий имеет форму трубки, получаемой путем укладки пропитанных связующим коаксиальных слоев основной и вспомогательной волокнистой арматуры на специальной установке УКА-1М. Формуемый из него профиль может иметь любую другую форму поперечного сечения.

При этом необходимо, чтобы периметры поперечного сечения полуфабриката и профиля были одинаковы. Количество основной арматуры, необходимое для обеспечения требуемой степени наполнения в готовом изделии, может быть рассчитано [2].

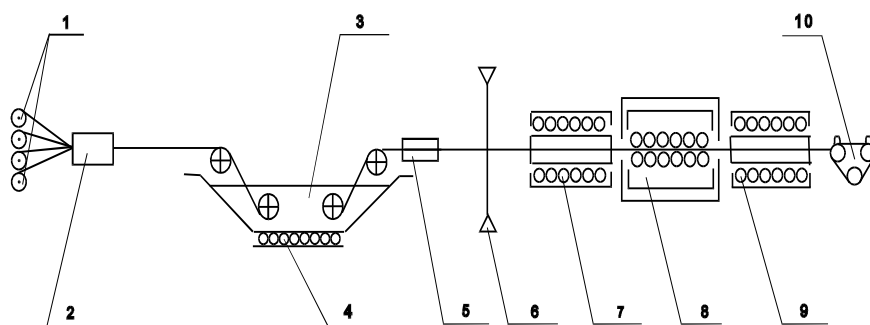


Рис. 1. Схема непрерывного технологического процесса формования профиля методом ролтрузии

1 - шпулярник; 2 - распределительное устройство; 3 - пропиточная ванна; 4 - нагревательный элемент; 5 - отжимная фильера; 6 - обмоточный узел; 7 - термокамера предварительной обработки; 8 - формирующие ролики;

9 - полимеризационная термокамера; 10 - протягивающее устройство

Сечение, замыкаемое формирующими роликами и определяющее вид готового профильного изделия, постепенно изменяется по длине формирующего тракта от почти круглого до требуемой конечной формы.

Одновременно, по мере формообразования, происходит полимеризация профильного изделия, т.к. формирующий тракт расположен в термокамере, и на выходе получается готовый композитный профиль.

Предварительные исследования возможности реализации метода ролтрузии применительно к мелкосерийному производству позволили выявить ряд особенностей.

Прежде всего данный метод позволяет получать непрерывный профиль из стекло- или углеродных волокон на основе термопластичных и термореактивных связующих со скоростью до 2200 мм/мин, что в 3-5 раз выше, чем на традиционных пултрузионных установках, причем тянущие ролики обеспечивают не только необходимое усилие протяжки, но одновременно и формируют профиль. Одним из преимуществ ролтрузии является возможность использования роликов из дешевых конструкционных материалов, что дает существенную экономию по сравнению со стандартными пултрузионными головками. И, кроме того, при этом обеспечивается возможность изменения сечения профилей с необходимой периодичностью без существенных затрат времени и средств, связанных с заменой пултрузионных головок.

Методом ролтрузии была изготовлена опытная партия углепластиковых профилей двутаврового, прямоугольного и уголкового поперечного сечений. При этом использовался материал однонаправленный без обмотки, однонаправленный с обмоткой стеклонитью и органонитью. Сравнительные испытания на продольное сжатие показали, что удельные прочностные характеристики гибридизированных

изделий со слоями трансверсальной арматуры на 50-55% выше, чем в однонаправленных и на 20-25% выше, чем у стандартных дюралюминиевых. Кроме того, оказалось, что механизм разрушения гибридных спирально армированных профилей принципиально отличается от однонаправленных, т.к. отсутствует продольное расслоение материала, что существенно снижает вероятность потери устойчивости таких изделий при нагружении.

**Выводы.** Использование ролтрузии позволяет осуществить процесс непрерывного формования профильных изделий на основе спирально армированного или плетеного полуфабриката, что дает возможность существенно увеличить скорость изготовления профилей, обеспечивая при этом требуемое качество. Введение гибридных слоев трансверсальной арматуры обеспечивает снижение массы профильных изделий на 10...20% без ухудшения несущей способности конструкций.

### **Литература**

1. Коструб В.А. Технология изготовления профильных подкрепляющих элементов из КМ для конструкций ЛА методом спирального армирования: Дисс. канд. техн. наук / ВМСИ. - Ворошиловград, - 1988. - 228 с.
2. Коструб В.А. Исследование структурно-технологических особенностей получения сложноармированных композитных стержней непрерывным методом. // Тематический сборник научных трудов «Обработка материалов». – Луганск: ВУГУ, 1999, с.45-55.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМОВАНИЯ КОМПОЗИТНЫХ СТЕРЖНЕЙ МЕТОДОМ РОЛТРУЗИИ**

Земцов Н.А. студент гр. ММ-321, Скляр Ю.А. к.т.н., ст. преподаватель

*Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля*

Широкое применение композиционных материалов в автомобильных конструкциях различного назначения обуславливает создание более совершенных композитных структур и разработку технологических процессов для их реализации в конкретных изделиях. Стержневые композитные профили находят применение в качестве силовых и подкрепляющих элементов автомобильных конструкций, причем характер их нагружения обуславливает действие нагрузки преимущественно в осевом направлении. Такого рода стержневые элементы изготавливаются, в большинстве своем, методом пултрузии, позволяющем получать длинномерные изделия с высокими скоростями изготовления[1]. Однако пултрудированные композитные профили, в силу однонаправленности армирования, обладают невысокими сдвиговыми и трансверсальными упругими и прочностными характеристиками и низкой прочностью при продольном сжатии, величину которых определяют параметры матрицы и адгезия между волокнами и связующим. Для устранения указанных недостатков целесообразно использовать пространственную схему армирования таких изделий, вводя один и более слоев вспомогательной трансверсальной арматуры[2]. Предложен технологический процесс ролтрузии, позволяющий успешно совместить пространственное армирование с непрерывным формованием длинномерных профилируемых стержней на основе волокнистых композитов.

Отличительными особенностями такого метода являются введение в технологический регламент операции нанесения вспомогательной арматуры, и также использование в качестве формующего тракта приводных профилированных роликов (рис. 1). Причем, синхронизация скорости протягивания со скоростью вращения формующих роликов позволяет значительно снизить деформативность армирующего



материала и искажение его структуры в процессе формования[3].

Важнейшей стадией процесса ролтрузии наряду с нанесением вспомогательной арматуры, является прохождение пропитанного термореактивным связующим волокнистого материала через зону формования. В формирующих роликах происходит удаление излишков связующего, уплотнение армирующего наполнителя, а также отверждение связующего до степени, обеспечивающей сохранение формы профильного изделия и допустимый уровень его физико-механических характеристик.

Поэтому возникает необходимость определения оптимального соотношения термокинетических параметров ролтрузии - скоростей протяжки изделия и отверждения связующего с распределением температурных полей в зоне формования.

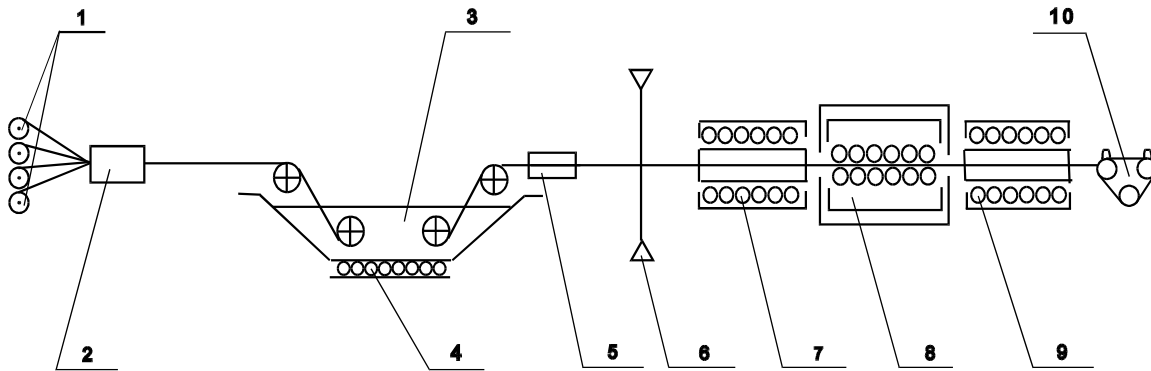


Рис. 1. Схема непрерывного технологического процесса формования профиля методом "ролтрузии"

1 - шпулярник; 2 - распределительное устройство; 3 - пропиточная ванна; 4 - нагревательный элемент; 5 - отжимная фильера; 6 - обмоточный узел; 7 - термокамера предварительной обработки; 8 - формирующие ролики; 9 - полимеризационная термокамера; 10 - протягивающее устройство.

Для решения поставленной задачи используется одномерная термокинетическая модель ролтрузионного формования профильных стержневых изделий из волокнистых композитов, основанная на решении связанной задачи теплопроводности и теплообмена в системе профиль-формирующие ролики с помощью общего уравнения Дамкелера для потока тепла в одном направлении и уравнения кинетики отвержденного связующего[4,5].

$$\begin{cases} \frac{\partial \beta}{\partial t} = F(\beta) \cdot l \cdot \frac{E(\beta)}{RT}; \\ \rho C_p S \frac{\partial T}{\partial t} - \lambda S \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \rho C_p S V \frac{\partial T}{\partial x} + \eta P (T - T_{-p}) - \\ Q_0 \rho S \frac{\partial \beta}{\partial t} = 0 \end{cases}$$

где  $\rho$  - плотность материала профиля;  $C_p$  - теплоёмкость материала профиля;  $S, P$  - площадь и периметр поперечного сечения профиля, соответственно;  $\psi$  - коэффициент теплопроводности материала профиля;  $h$  - коэффициент теплопередачи системы профиль-среда;  $T_{cp}$  - температура среды;  $T(t)$  - температура профиля;  $t$  - время;  $Q_0$  - полный тепловой эффект реакции отверждения;  $\lambda$  - степень отверждения связующего.

Предложенная модель позволяет определить тепловой режим формуемого профиля, а также промежуточную и конечную степень отверждения связующего с учетом формы и размеров профилируемого изделия и скорости протягивания. В сочетании с хемореологическими диаграммами связующего, предложенная термокинетическая модель может быть использована для расчета технологических параметров процесса роллтрузионного формования сложноармированных композитных профилей.

Для проверки адекватности модели проведены экспериментальные исследования, показавшие хорошее соответствие между теоретическими и опытными данными. Образцы профильных эпоксиглеродных стержневых изделий, имеющие внутренний слой спиральной обмотки и слой внешней оплетки органической нитью, были изготовлены на роллтрузионной установке. Удельная прочность при продольном сжатии таких стержней в сравнении с однонаправленными выше на 20...30 процентов, а трансверсальные характеристики – на 30...40, что позволяет говорить о перспективе такой технологии при создании элементов силового набора современных автомобилей.

#### Литература

1. Технологія виробництва літальних апаратів із композиційних матеріалів /С.А. Бичков, О.В. Гайдайчук, В.С. Гайдайчук, В.Д. Гречка, В.М. Кобрін. - К. ІСДО: - 1995 - 376 с.
2. Коструб В.А. Исследование процесса формования композитов методом роллтрузии //Слоистые композиционные материалы-98: Сборник трудов конференции /Волгоград.гос.тех.ун-т, Волгоград, 1998, С.322-323.
3. Коструб В.А. Процесс роллтрузии как метод создания сложноармированных композиционных стержневых изделий //Композиционные материалы в промышленности (Славполиком-98): Тезисы докладов Международной конференции. Киев: АТМ України. - С. 87.
4. Сумм Б.Д., Горюнов Ю.В. Физико-химические основы смачивания и растекания. М.: Химия - 1976. - 232 с.
5. Лыков А.В. Тепломассообмен. - М.: Энергия. - 1972. - 560 с.

### АНАЛИЗ СИЛОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА РОЛЛТРУЗИИ

Титаренко В.О., студент гр. ММ-411, В.А. Коструб, к.т.н., доцент

*Восточноукраинский национальный университет им.В.Далы, г. Луганск*

Широкое применение композиционных материалов в автомобильных конструкциях различного назначения обуславливает создание более совершенных композитных структур и разработку технологических процессов для их реализации в конкретных изделиях. В этой связи значительный интерес представляют непрерывные процессы получения длинномерных стержневых изделий на основе волокнистых композитов. Причем характер их нагружения обуславливает действие нагрузки преимущественно в осевом направлении. Такого рода стержневые элементы изготавливаются, в большинстве своем, методом пултрузии, позволяющем получать длинномерные изделия с высокими скоростями изготовления.

Процесс роллтрузии - формование роликами [1] - является модификацией процесса пултрузии и отличается тем, что формующий тракт представляет собой ряд пар приводных формующих роликов, изготовленных по форме получаемого композитного стержня (рис.1).

Наиболее важным параметром ролтрузионного технологического процесса является величина усилия протягивания. Увеличение этой характеристики до определенного значения может привести к разрыву продольной арматуры и невозможности формирования изделия. В связи с этим возникает необходимость регламентирования значения усилия протягивания.

Движение жгутов основной арматуры может быть представлено совокупностью отдельных участков, на каждом из которых появляются дополнительные составляющие усилия протягивания. Распределение усилий по длине пропиточно-формующего тракта приведено на рис.1.

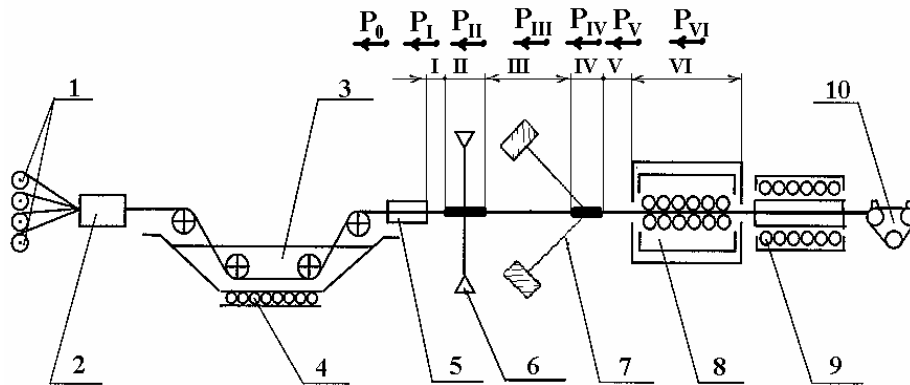


Рис. 1 Схема непрерывного технологического процесса формирования профиля методом "ролтрузии"

1 - шпулярник; 2 - распределительное устройство; 3 - пропиточная ванна; 4 - нагревательный элемент; 5 - отжимная фильера; 6 - обмоточный узел; 7 - оплеточный узел; 8 - формующие ролики; 9 - полимеризационная термокамера; 10 - протягивающее устройство)

Поступающие с бобин жгуты основной арматуры перед входом в пропиточную ванну натягиваются с определенным усилием, смачиваются связующим, подтормаживаются за счет дополнительных перегибов. В результате усилие  $P_0$  на выходе из пропиточной ванны незначительно и составляет 10...15 Н/жгут.

Участки I, III, V характеризуются движением пропитанных связующим прямолинейных жгутов по поверхности оправки. Возникающие при этом усилия сопротивления обусловлены силами сцепления связующего и оправки, величина которых определена экспериментально с учетом температуры окружающей среды, вязкости связующего и площади контакта

$$P_I = p_0 \pi d l_1 \quad (1)$$

Усилия  $P_{III}$  и  $P_V$  определяются аналогично.

На участке II производится формирование поперечного сечения материала изделия с помощью поперечной подмотки, осуществляемой группой нитей с определенным усилием, что ведет к возникновению усилия  $P_{II}$

$$P_{II} = \pi T_0 t d f_c + p A \quad (2)$$

На участке IV осуществляется укладка слоя перекрестных нитей на поверхность материала - оплетка. Наличие оплеточного слоя позволяет устранить нарушение структуры материала при прохождении через формующий тракт.

Особенностью формирования на этом участке является то, что обматывающая арматура натягивается под определенным углом к оси оправки и, вследствие этого,

создается дополнительное усилие сопротивления, определяемое суммой проекций усилий натяжения каждой нити на ось оправки.

$$P_{IV} = \frac{P_{un}}{2} \cos \alpha \cos \gamma + \frac{T_0 l' \pi d_1}{2} f_{mp} + p \pi d l' \quad (7)$$

Усилие  $P_{VI}$ , противодействующее движению в ролтрузионном тракте, возникает вследствие фильтрации излишков связующего при переформировании полуфабриката из круглого в требуемое сечение.

$$P_{VI} = \int_0^x T(x) \Delta S_i \sin \theta_i dx \quad (8)$$

$$\text{где} \quad T(x_i) = \frac{\eta L_i V_{np}}{dx S_k K_{np}} \left\{ \frac{V_i S_k dx}{V_{np}} + \Delta W \right\} \quad (9)$$

Задавая форму проходного сечения  $S(x)$  и используя метод итераций, можно определить усилие  $P_{VI}$ , а, следовательно, и полное усилие протяжки  $P_\Sigma$

$$P_\Sigma = \sum_{i=1}^6 P_i \quad (11)$$

Сопоставляя величину усилия протяжки с суммарной прочностью жгутов армирующего материала на разрыв, можно сделать вывод о возможности реализации процесса формования. В случае, если величина  $P_\Sigma$  превышает суммарную прочность арматуры, необходимо увеличить степень наполнения по основной арматуре.

#### Литература

1. Коструб В.А., Бакст Е.Е. Ролтрузия - прогрессивный метод изготовления профилей из КМ//Матер.конф. "Физико-химические и механические процессы в композиционных материалах и конструкциях". - Москва: ВИМИ.-1996.-с.75-76.
2. Лыков А.В. Тепломассообмен. - М.: Энергия.-1972.-560 с.
3. Щербаков В.Т., Муратов В.М., Жовнер Б.А., Просветова Л.А. Изготовление длинномерных профилей из углепластика пултрузией // Авиационная промышленность. - 1987.-№6.-с. 50-51.

### ДОСЛІДЖЕННЯ АНТИКОРОЗІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТВЕРДОГО РОЗЧИНУ ДИФОСФАТІВ МАНГАНУ(II)-ЦИНКУ

Солод Н.В., Педашевський В.А. ст.гр. СПГ - 1401

*Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ)*

В умовах інтенсифікації технологічних процесів більшості виробництв хімічної, машинобудівної та металургійної промисловості питанням антикорозійного захисту обладнання приділяється особлива увага [1,2].

Ефективними в цьому аспекті є, на думку [2], інгібітори корозії на основі моно- і поліфосфатів. Із монофосфатів достатньо повно вивчено гальмуючий вплив на корозійні процеси фосфатів амонію, натрію, міді [3]. Інгібуючу дію полімерних фосфатів вивчено значно менше. Відомі, наприклад, дані про те, що поліфосфати кальцію, заліза і цинку проявляють ще більший інгібуючий ефект, ніж монофосфати [4].

Перспективними в цьому плані є тверді розчини дифосфатів двовалентних металів, співвідношення катіонів в складі яких можливо цілеспрямовано змінювати в широких межах. Однак, дані про їх інгібуючу дію в літературі відсутні.

Мета даної роботи – дослідження антикорозійних властивостей твердого розчину дифосфатів мангану(II)-цинку.

В якості основних об'єктів дослідження використовували дифосфати твердого розчину складу  $Mn_{2-x}Zn_xP_2O_7 \cdot 5H_2O$  ( $0 < x < 2,00$ ). Одержували їх сумісним осадженням

відповідних катіонів дифосфат-йонів  $P_2O_7^{4-}$  при взаємодії стехіометричних кількостей водних розчинів сульфатів і дифосфату калію [5]. Корозійні дослідження на зразках сталі марки 08 кп проводили за методикою, описаною в [6]. В якості модельного корозійного середовища використовували  $5 \cdot 10^{-3}$  моль/л розчин  $H_2SO_4$  (фон). Концентрація дифосфатів в розчині складала  $5 \cdot 10^{-3}$  моль/л. Підготовлені зразки сталі занурювали в досліджувані розчини і витримували за кімнатної температури протягом 168 годин. Швидкість корозійного руйнування сталі оцінювали за величиною масового показника швидкості корозії, кількісну оцінку захисту сталі від корозії – за величиною коефіцієнта гальмування швидкості корозії і ступеня захисту металу від корозії.

Гравіметричні корозійні дослідження показали (табл.), що в стаціонарних умовах додавання до  $5 \cdot 10^{-3}$  моль/л розчину  $H_2SO_4$  дифосфатів різного складу призводить до зниження швидкості корозії сталі в порівнянні з фоном в 2,6 – 3,5 рази, що відповідає ступеню захисту 63 – 70%.

Таблиця.

Вплив складу дифосфатів твердого розчину  $Mn_{2-x}Zn_xP_2O_7 \cdot 5H_2O$  ( $0 < x < 2,00$ ) на показники корозії сталі в кислому середовищі

Варіант досліджу	pH	Масовий показник швидкості корозії, $K_B$ , г/м <sup>2</sup> ·год.	Коефіцієнт гальмування, $\gamma$	Ступінь захисту $Z$ , %
1. $H_2SO_4$ – фон	2,22	0,099	-	-
2. Фон + $Mn_{1,64}Zn_{0,36}P_2O_7 \cdot 5H_2O$	2,68	0,029	3,41	70,46
3. Фон + $Mn_{1,20}Zn_{0,80}P_2O_7 \cdot 5H_2O$	2,68	0,034	3,16	68,37
4. Фон + $Mn_{0,74}Zn_{1,26}P_2O_7 \cdot 5H_2O$	2,65	0,040	2,69	62,80

Кількісні показники корозії сталі змінюються в наведених межах адекватно їх катіонному складу: чим вищий вміст мангану(II) в складі дифосфатів, тим менше значення  $K_B$  і більше  $\gamma$  і  $Z$  (табл.). Так, масовий показник швидкості корозії для дифосфатів складу  $Mn_{2-x}Zn_xP_2O_7 \cdot 5H_2O$  ( $0 < x < 2,00$ ) зменшується з 0,040 г/м<sup>2</sup>·год для  $Mn_{0,74}Zn_{1,26}P_2O_7 \cdot 5H_2O$  до 0,029 г/м<sup>2</sup> для  $Mn_{1,64}Zn_{0,36}P_2O_7 \cdot 5H_2O$ , що, відповідно, на 59,6 і 70,7% менше в порівнянні з фоном.

Для визначення тривалості захисної дії дифосфату  $Mn_{1,64}Zn_{0,36}P_2O_7 \cdot 5H_2O$ , що має найкращі антикорозійні показники, була виконана окрема серія дослідів, в якій досліджували залежність кількісних показників корозії сталі від часу її перебування в агресивному середовищі. Результати дослідів показали, що зміна масового показника швидкості корозії сталі марки 08 кп в кислому фоновому розчині і в розчині з додаванням  $Mn_{1,64}Zn_{0,36}P_2O_7 \cdot 5H_2O$  має різний характер (рис. 1 а). На кривій, яка описує поведінку сталі у фоновому розчині, величина  $K_B$  спочатку зменшується з 0,0308 г/м<sup>2</sup>·год до 0,0072 г/м<sup>2</sup>·год – мінімальне значення, яке спостерігається через 12 діб. При подальшому збільшенні тривалості контакту сталі з кислим середовищем швидкість корозії зростає і на 20 добу досягає 0,0093 г/м<sup>2</sup>·год. Залежність, що характеризує зміну швидкості корозії в розчині з додаванням  $Mn_{1,64}Zn_{0,36}P_2O_7 \cdot 5H_2O$ , має лінійний характер: величина  $K_B$  поступово зменшується з 0,0049 до 0,0015 г/м<sup>2</sup>·год протягом 20 діб.

Ступінь захисту сталі від корозії і коефіцієнт гальмування корозії в розчині кислоти з додаванням дифосфату (рис. 1 б) максимальні в першу добу дослідів ( $Z = 84,2$  %,  $\gamma = 6,34$ ). З часом гальмівний вплив дифосфату на корозію поступово зменшується і на 12 добу складає  $Z = 68,7$  %,  $\gamma = 3,19$ . При більш тривалому контакті

металу з агресивним середовищем захисна дія дифосфату посилюється і на 20 добу досягає  $Z = 83.4\%$ ,  $\gamma = 6.04$ .

Встановлений складний характер зміни кількісних показників захисної дії дифосфату в часі обумовлений процесами формування захисних плівок на поверхні сталі, утворення яких було зафіксовано під час візуальних і гравіметричних досліджень. Наявність в їх складі фосфору і катіонів металів, встановлене хімічним аналізом, вказує на утворення дифосфатних солей. Фазовий склад практично аморфних плівок, встановлений на основі одиничних дифракційних відображень на їх рентгенограмах, відповідає структурі  $Zn_2P_2O_7 \cdot 5H_2O$ .

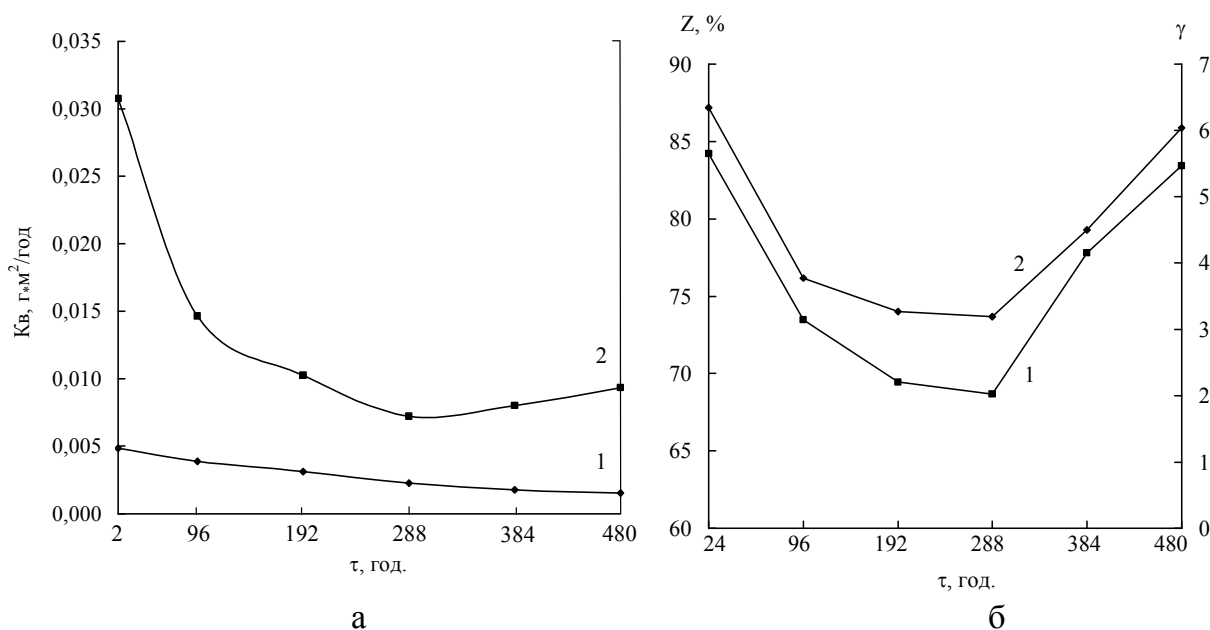


Рис. 1. Залежність: а – швидкості корозії сталі ( $K_v$ ) в розчині  $H_2SO_4$  (1), в розчині з додаванням  $Mn_{1,64}Zn_{0,36}P_2O_7 \cdot 5H_2O$  (2); б – ступеня захисту ( $Z$ ) сталі (1) і коефіцієнту гальмування корозії  $\gamma$  (2) от времени экспозиции.

Таким чином, одержані кількісні показники антикорозійних властивостей вперше синтезованих твердих розчинів дифосфатів мангану(II)-цинку свідчать про ефективність використання в якості інгібіторів корозії сталі в кислому середовищі.

#### Література

1. Новицкий В.С. Коррозионный контроль технологического оборудования / В.С.Новицкий, Л.М.Писчик. – К.: Наук. думка. – 2001 – 71 с.
2. Кузнецов Ю.И. Ингибиторы коррозии в конверсионных покрытиях. III / Ю.И. Кузнецов // Защита металлов. – 2001. – Т. 37, №2. – С. – 119–125.
3. Алцыбеева А.И. Ингибиторы коррозии металлов: Справочник / А.И. Алцыбеева, С.З. Левин. – Л.: Химия. – 1968. – 264с.
4. Улиг Г.Г. Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику / Г.Г. Улиг, Р.У. Ревин – Л.: Химия. – 1989. – 456 с.
5. Antraptseva N. Peculiarities of determination of composition of the solid solutions of the bivalent metals hydrated diphosphates / N.Antraptseva, I.Ponomaryeva, N.Tkachova, A.Kljugvant // Intern. conf. analyt. chemistry and chemical analysis ["AC&CA-05"], 12-18 September 2005: book of abstracts. – Kyiv, 2005. – P. 182.
6. Кондрашова Н.В. Гальмування корозійних процесів на сталі дифосфатами мангану (II) та цинку / Н.В. Кондрашова, Н.М. Антрапцева, Н.В. Ткачова, А.А. Ключвант // Науковий вісник НАУ. – 2005. – № 90. – С. 49–53.



## ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ РЕАКТОРУ СИНТЕЗУ ОЦТОВОЇ КИСЛОТИ

Асманкіна А.А. ст. РЕА-10мд

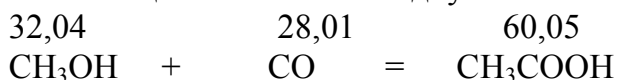
Науковий керівник - доцент, к.т.н. Самойлова Ж.Г.

*Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля  
Технологічний інститут*

Головною метою цієї доповіді є визначення об'єкта керування, розрахунок матеріального та теплового балансу, побудова математичної моделі та інше процесу отримання оцтової кислоти з метанолу і оксиду вуглецю. Керування основними стадіями процесу централізоване і здійснюється з ЦПК. Автоматичне регулювання параметрів процесу виконується за допомогою електронно-пневматичної і електричної схем.

Процес отримання оцтової кислоти з метанолу і оксиду вуглецю проводиться в газо-рідинному реакторі DC-1101 з механічним перемішуванням у присутності каталізатора і промотора в гомогенній рідкій фазі при температурі від 175 до 189 °С і тиску від 2,7 до 2,9 МПа. Каталізатором процесу є карбонід родію у вигляді розчиненого комплексного з'єднання. Активатором (промотором) каталізатора служать йодистий метил і йодистий водень.

Синтез оцтової кислоти відбувається за реакцією:



Технологічний об'єкт керування - це сукупність технологічного устаткування й реалізованого на ньому за відповідним регламентом технологічного процесу. У загальному випадку аналіз технологічного процесу як об'єкта керування передбачає визначення параметрів, які впливають на технологічний процес і за допомогою яких він проводиться, а також до визначення їх номінальних значень.

Вхідними параметрами реактору синтезу оцтової кислоти є:

- масова витрата метанолу  $F_M$ ,
- масова витрата газу (оксиду вуглецю)  $F_G$ .

Збурюючи ми параметрами реактору синтезу оцтової кислоти є:

- тиск метанолу  $P_M$ ;
- тиск газу (оксиду вуглецю)  $P_G$ ;
- температуру кубової рідини  $T_G$  на вході в реактор з сепаратора;
- концентрацію оцтової кислоти в кубовій рідині  $Q_C$  на вході в реактор з сепаратора;
- витрату віддувальних газів  $F_{0.G}$ .

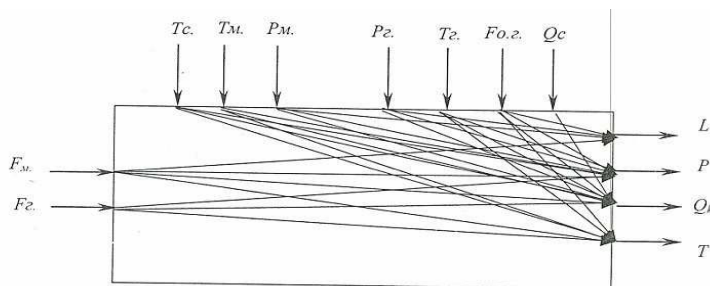


Рис.1. Структурно-логічна схема реактору синтезу оцтової кислоти

Вихідними параметрами реактору синтезу оцтової кислоти є:

- рівень реакційної маси в реакторі  $L$ ;
- тиск в реакторі  $P$ ;

- температура реакційної маси в реакторі  $T$ ;
- концентрацію оцтової кислоти на виході з реактора  $Q_K$ .

Рівняння матеріального балансу установки за концентрацією цільового компонента на виході з апарату має вигляд:

$$dm_p = dm + dm_v,$$

де  $dm_p = VK\rho Qdt$  - кількість речовини, яка виходить в процесі реакції;

$dm = FQdt$  — кількість речовини на виході з сепаратора;

$dm_v = V\rho dQ$  – кількість нової речовини в реакторі.

Результатом цієї роботи є математична модель:

$$\begin{aligned} \tau_5 \frac{d^3 y_4}{dt^3} + \tau_6 \frac{d^2 y_4}{dt^2} + \tau_7 \frac{dy_4}{dt} + y_4 = & \left( \tau_{12} \frac{d^2 x_1}{dt^2} + \tau_{13} \frac{dx_1}{dt} + A_3 x_1 \right) + \\ & + \left( \tau_{14} \frac{d^2 x_2}{dt^2} + \tau_{15} \frac{dx_2}{dt} + A_4 x_2 \right) + \left( \tau_{16} \frac{d^2 z_1}{dt^2} + \tau_{17} \frac{dz_1}{dt} + A_5 z_1 \right) + \\ & + \left( \tau_{18} \frac{d^2 z_2}{dt^2} + \tau_{19} \frac{dz_2}{dt} + A_6 z_2 \right) + \left( \tau_{20} \frac{d^2 z_3}{dt^2} + \tau_{21} \frac{dz_3}{dt} + K_{16} z_3 \right) + \\ & + \left( \tau_{22} \frac{d^2 z_4}{dt^2} + \tau_{23} \frac{dz_4}{dt} + K_{17} z_4 \right) + \left( \tau_{24} \frac{d^2 z_5}{dt^2} + \tau_{25} \frac{dz_5}{dt} + K_{18} z_5 \right) \end{aligned}$$

де  $\tau_i$  – постійна температура;  $K_i$  – коефіцієнт передачі;  $A_i$  – коефіцієнти заміни;  $dt$  - момент часу;  $x_i, y_i, z_i$  – параметри системи.

## УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЧНИХ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИХ ПРИВОДІВ МАШИНОБУДІВНОГО ОБЛАДНАННЯ

доц., к.т.н. Соколова Я.В.

*Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля*

Сучасні технології машинобудування та обробки матеріалів пред'являють всезростаючі вимоги до технічних та функціональних характеристик технологічного обладнання систем машинобудування. Якість виробів при механічній обробці багато в чому залежить від можливості реалізації оптимальних законів руху робочих органів, точності регулювання їх переміщень та стабільності заданих швидкостей в умовах змінного навантаження. У цьому зв'язку важливим є розширення функціональних можливостей та поліпшення техніко-економічних показників ефективності приводів машинобудівного обладнання. Досягнення довільної кінематики робочих органів, можливість програмної реалізації оптимальних законів руху забезпечується застосуванням автоматичних електрогидравлічних приводів (ЕГП).

В роботі показана можливість удосконалення автоматичних ЕГП машинобудівного обладнання за рахунок розширення їх функціональних можливостей та підвищення енергетичної ефективності шляхом синтезу та дослідження системи автоматичного керування (САК) обладнанням.

Аналіз структурних схем математичних моделей ЕГП дозволив запропонувати та покласти в основу досліджень єдину типову математичну модель ЕГП машинобудівного обладнання як об'єкту автоматичного керування. Структурна схема математичної моделі показана на рис. 1, де позначені:  $u$  – вхідний сигнал;  $y$  – вихідна змінна;  $k_0, T_0$  – коефіцієнт передачі та постійна часу блоку регулювання приводу;  $k, T_1, T_2$  – коефіцієнти передачі та постійні часу об'єкту;  $V_o(t)$  – стохастична збурююча дія (шум об'єкту).

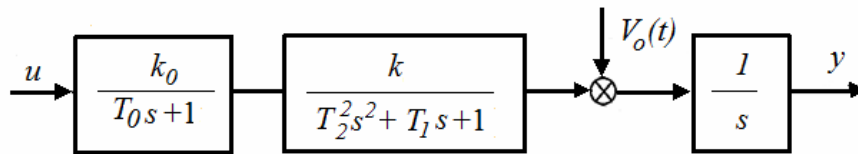


Рис. 1. Структурна схема математичної моделі як об'єкту автоматичного керування

В роботі розроблена та досліджена САК машинобудівним обладнанням з ЕГП, що враховує стохастичне збурення об'єкту та шум спостереження. Блок-схема САК приведена на рис. 2.

У відповідності до заданого закону керування вихідною змінною  $y^*$  РО машинобудівного обладнання, який формується ЗП, на вхід ГД надходить витрата робочої рідини  $Q$ . При цьому здійснюється рух вихідної ланки ГД зі швидкістю  $v$  (або кутовою швидкістю  $\Omega$ ) та РО, що жорстко з ним зв'язаний. Відбувається рух РО, а вихідна змінна  $y$  (переміщення або кут повороту  $\alpha$ ) вимірюється датчиком Д. Формується сигнал розузгодження  $e(\tau)$  як різниця між заданим значенням вихідної змінної  $y^*$  та дійсним  $y$ . По сигналу розузгодження  $e(\tau)$  ПК створює керуючий сигнал  $u$  у вигляді напруги, що надходить до БР, який змінює витрату  $Q$ , що надходить до ГД. Так як на технологічний процес обладнання робить вплив стохастична збурююча дія  $V_o(t)$ , а вимір переміщення РО супроводжується перешкодами – шумом спостереження  $V_n(t)$ , то розглядалася задача оптимального керування при неповній інформації про стан системи.

У просторі станів рівняння об'єкту керування були приставлені в матричній формі

$$\dot{x} = Ax + Bu + V_o(t),$$

$$y = Cx + V_n(t),$$

де  $x$  – фазовий вектор змінних стану об'єкту автоматичного керування,  $u$  – керуючий вплив,  $y$  – вихідна змінна,  $A$  – матриця параметрів об'єкту керування,  $B$  – матриця вхідних параметрів,  $C$  – матриця вихідних параметрів,  $V_o(t)$  – «кольоровий шум» об'єкту,  $V_n(t)$  – шум спостереження;

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1/T_0 T_2^2 & -(T_0 + T_1)/T_0 T_2^2 & -(T_0 T_1 + T_2^2)/T_0 T_2^2 \end{bmatrix}; \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ K_0 K / T_0 T_2^2 \end{bmatrix};$$

$$C = [1 \quad 0 \quad 0 \quad 0]$$

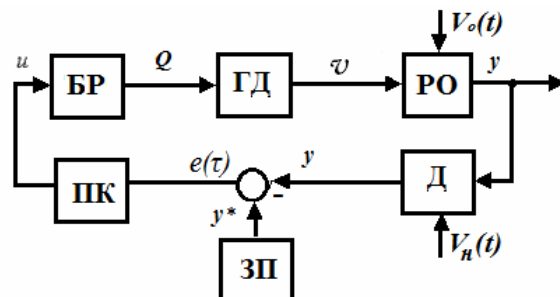


Рис. 2. Блок-схема САК машинобудівним обладнанням з ЕГП:

РО – робочий орган; Д – датчик вихідного сигналу;  $y$  – вихідна змінна; ЗП – задаючий пристрій;  $y^*$  – задана вихідна змінна; ГД – гідродвигун;  $v$  – швидкість гідродвигуна;  $Q$  – витрата, що надходить до гідродвигуна; БР – блок регулювання; ПК – пристрій керування;  $e(\tau)$  – сигнал розузгодження;  $V_o(t)$  – стохастична збурююча дія;  $V_n(t)$  – шум спостереження;  $u$  – керуючий сигнал

Для формування «кольорового шуму» об'єкту розглянутий формуючий фільтр з передатною функцією

$$W_{\phi}(s) = \frac{b_0^* s + b_1^*}{a_0^* s^2 + a_1^* s + a_2^*},$$

на вхід якого подавався стаціонарний стохастичний сигнал  $V(t)$  типу «білий шум» зі спектральною щільністю  $S_V(\omega) = L_V$ .

Критерій оптимальності управління розглядався у виді

$$J = \int_0^{t_f} (\tilde{Q}x^2(t) + \tilde{R}u^2(t))dt \rightarrow \min,$$

де  $\tilde{Q}$  – позитивно-визначена матриця, що характеризує якість керування;  $\tilde{R}$  – величина обмеження керуючої дії.

У зв'язку з тим, що стохастична збурююча дія, що прикладена до об'єкту керування, проявляє себе незалежно від керуючого сигналу, то синтез САК машинобудівним обладнанням з ЕГП виконаний з урахуванням адитивної перешкоди. Таким чином, рішення задачі стохастичної лінійної оптимальної системи при неповній інформації про стан відповідно до методу розподілу розбито на дві: задачу синтезу оптимального наглядача та детерміновану задачу синтезу оптимальної системи.

Відповідно до поставленої задачі необхідно було з використанням вимірюного значення вихідної змінної на інтервалі  $[t_0, t]$  знайти незміщену оцінку  $\hat{x}(t)$ , що забезпечує мінімум середнього квадрату похибки,

$$J = M[(x(t) - \hat{x}(t))^T \cdot (x(t) - \hat{x}(t))] \rightarrow \min..$$

Оптимальні значення незміщеної лінійної оцінки фазового вектору  $\hat{x}(t)$  та коефіцієнтів  $K'$  підсилення фільтра Калмана-Бьюсі знаходились відповідно до рівнянь

$$\dot{\hat{x}}(t) = A\hat{x} + Bu + K'(y - C\hat{x}), \quad \hat{x}(t_0) = \bar{x}^0; \quad K' = PC^T R_0^{-1};$$

$$\dot{P} = AP + PA^T - PC^T R_0^{-1} CP + Q_0, \quad P(t_0) = P_0;$$

де  $R_0$  – матриця інтенсивності шуму спостереження;  $Q_0$  – матриця інтенсивності шуму об'єкту;  $P$  – дисперсійна матриця похибки.

Синтез наглядача Калмана-Бьюсі виконаний з використанням пакету прикладних програм *MATLAB*.

Для синтезу оптимального лінійного регулятора відповідно поставленій задачі використаний метод динамічного програмування. Функціональне рівняння Беллмана розглядалося у вигляді

$$\tilde{Q}x^2(t) + \tilde{R}u^2(t) + \frac{\partial S(x,t)}{\partial x} (Ax(t) + Bu(t)) + \frac{\partial S(x,t)}{\partial t} = 0.$$

$$2\tilde{R}u(t) + \frac{\partial S(x,t)}{\partial x} B = 0.$$

На підставі цього прийнято вираз для оптимального керування

$$u = -\frac{1}{2} \tilde{R}^{-1} B^T \left( \frac{\partial S}{\partial x} \right)^T.$$

З врахуванням позитивної визначеності функції Беллмана  $S(x,t)$  для оптимального керування машинобудівним обладнанням з ЕГП отримано

$$u = -(K_1'' x_1 + K_2'' x_2 + K_3'' x_3 + K_4'' x_4),$$

де  $x_1, x_2, x_3, x_4$  - фазові змінні;  $K_1'', K_2'', K_3'', K_4''$  - коефіцієнти підсилення зворотного зв'язку лінійного оптимального регулятора.

Виконано дослідження САК, зокрема, вплив параметрів об'єкту керування та оптимального регулятора на якість перехідного процесу. На рис. 3 приведені перехідні процеси в системі для приводу з дросельним регулюванням (а) при різних значеннях коефіцієнту передачі  $k_{qu}$  ( $m^3/(c \cdot B)$ ) і приводу з об'ємним регулюванням (б) при різних значеннях безрозмірного коефіцієнту передачі прямого шляху  $k_0 k$ .

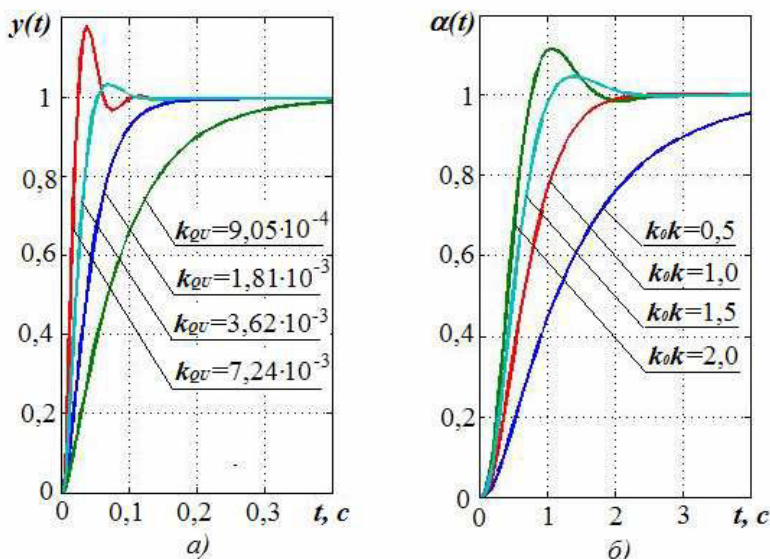


Рис. 3. Вплив на перехідні процеси параметрів об'єкту керування

АК машинобудівним обладнанням с ЕГП, що розроблена, дозволила розширити функціональні можливості та підвищити енергетичну ефективність обладнання.

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ КАТАЛІТИЧНОГО КРЕКІНГУ АЕРОЗОЛЬНИМ НАНОКАТАЛІЗОМ

Алахмад Алмоу К.

*Східноукраїнський національний університет імені В. Даля*

В даний час каталітичний крекінг є найбільш перспективним і важливим серед процесів переробки нафти. Здійснення каталітичного крекінгу за технологією аерозольного нанокаталізу з віброзрідженим шаром є перспективним напрямком розвитку нафтопереробних виробництв. Автоматизація процесів каталітичного крекінгу вакуумного газойлю з використанням технології аерозольного нанокаталізу потребує створення адекватних математичних моделей, що дозволяють застосовувати сучасні методи оптимального керування. Математичне моделювання таких процесів здійснюється з метою їх оптимізації, побудови автоматичних систем управління та обчислення оптимальних налаштувань регуляторів.

Технологічні процеси в хімічній технології супроводжуються реологічними переходами, в основі яких є перенесення кількості маси, енергії та руху. Наявність того чи іншого реологічного переходу призводить до зміни сталих часу перехідних процесів, а відповідно до зміни ефективності технологічного процесу. Тому підвищення ефективності роботи реактору каталітичного крекінгу вакуумного газойлю за рахунок використання теорії реологічних переходів при розробці математичної моделі є важливою науковою задачею. Процес каталітичного крекінгу в умовах аерозольного каталізу здійснюється значною мірою за рахунок дифузії [1].

Будемо розглядати дифузійну область як об'єкт, що описується імпульсною дельта-функцією Дірака. Умовна плівка на границі розділу двох речовин, яка, по суті, є зоною перетворення, має товщину практично  $\delta = 0$ , тобто зміна маси реагуючої речовини на цій поверхні буде змінюватися стрибком, відповідно до ступінчастої дельта-функції. В результаті теоретичних досліджень була отримана математична модель процесу каталітичного крекінгу на основі теорії реологічних перетворень з використанням методу нульового градієнта.

$$Q_{gas}(t) = Q_{gas0} \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau_c}\right) \left[ 1 + \exp\left[\frac{t}{\tau_1}(1-k)\right] \right] + \exp\left[-\frac{t}{\tau_1}(1+k)\right] \right\}, \quad (1)$$

де  $k = \frac{\tau_1}{\tau_c} = \frac{D_i \cdot F_{gas}}{2\nu^3}$  - коефіцієнт відношення сталих часу процесу масоперенесення;

$D_i$  – ефективний коефіцієнт процесу перенесення нафтопродукту;

$F_{gas}$  – об'ємна витрата газойлю.

З рівняння (1) випливає, що ефективність технологічного процесу каталітичного крекінгу аерозольним нанокаталізом залежить від сталих часу процесу масоперенесення та коефіцієнта їх відношення, які характеризують власне процес хімічного перетворення та стік нафтопродукту, тому для забезпечення найбільшої керованості об'єкта управління їх доцільно використати як доповнюючі для управління процесом нейтралізації. Окрім того, з метою керування процесом каталітичного крекінгу аерозольним нанокаталізом можна використовувати лінійну швидкість  $\nu$  масоперенесення у реакторі. Результати досліджень можуть бути використані для вирішення завдань контролю, управління та оптимізації цим процесом.

Література

1. Поркуян О.В. Моделювання дифузійних процесів в реакторі крекінгу аерозольним нанокаталізом / О. В. Поркуян, О. І. Проказа, К. Алахмад Алмоу // Вісник СХУ імені Володимира Даля. – 2014. – № 9(216). – С. 132-136.

## АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТУВАННЯМ ВІБРОСТІЙКИХ ТИПОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗАМІНИ ЕЛЕКТРОННИХ АПАРАТІВ

Бородіна А.А. ст. гр. РЕА-10зм

*Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля*

*Технологічний інститут*

**Вступ.** Розглядаючи перспективи і стан сучасного виробництва електронних апаратів, слід звернути особливу увагу на зростаючу його складову, а саме комп'ютерно - інтегроване виробництво. Стосовно об'єкту виробництва, отримуємо, що доведення виробу, підготовка виробництва, підстроювання під умови експлуатації, забезпечення необхідних параметрів, компонування і властивостей виробу є актуальними і дуже складними завданнями. Вироблювані об'єкти мають складну ієрархічну структуру, систему суперечливих показників якості і компонування. Електронні апарати характеризуються ієрархічністю структури і можна виділити рівень елементної бази, рівень носія (друкована плата), рівень блоку, як окремого конструктивного елементу і так далі. Слід звернути також увагу на той факт, що чим більше ступенів свободи у елементів об'єкту, тим більшу кількість варіантів поведінки має уся система [1, 3]. Саме до даної системи це відноситься і

проявляється у вигляді властивості емерджентності [2], коли окремі компоненти не поводяться так, як може вести уся система в цілому.

**Мета та завдання досліджень.** Метою роботи є вирішення актуальної задачі прогнозування поведінки типових елементів заміни електронних апаратів в умовах експлуатації за допомогою середовища проектування, яке дозволить прогнозувати поведінку і запобігати поломкам в умовах експлуатації [1].

**Методики проведення досліджень.** Конструкторська підготовка виробництва електронних апаратів, орієнтована на сучасний рівень елементної бази і технологій виробництва, характеризується тим фактом, що перед запуском дослідної партії виробу, для унеможливлення понесення збитків, здійснюється виробництво дослідного зразка виробу. Без додаткових капіталовкладень формується зразок виробу, по ньому віднагаджується технологія виробництва і відповідно уточнюються системотехнічні, конструктивні, технологічні і виробничі рішення. Виробництво дослідного зразка виробу має такі ж стадії, як і досвідченій партії, з тією відмінністю, що обробляється єдиний виріб, задіяна мінімальна кількість фахівців і відповідно має місце мінімум економічних витрат.

Усі розглянуті системи характеризуються відсутністю можливості вирішувати завдання аналізу впливу яких-небудь зовнішніх чинників на конструкторську підготовку виробництва і функціонування виробу. Зокрема, відсутні інструменти аналізу резонансної стійкості і взагалі дослідження поведінки об'єкту в умовах експлуатації. Відсутні вбудовані механізми оцінки рішень, що приймаються [2] з точки зору, як оптимальності компонування, так і послідовності дій, що управляють, і їх змісту, спрямованих на конструювання електронного апарату. З цієї точки зору, існуючі програмні засоби не є адекватними і необхідно розробити нові програмно-технічні комплекси, що виконують усі описані вище функції. Крім того, ці комплекси повинні включати редактор компонування блоку електронних апаратів, синтезу, що візуалізує увесь процес, і аналізу об'єкту конструкторської підготовки виробництва, і який, окрім іншого, має бути орієнтований на виконання досліджень ефективності управління конструкторською підготовкою виробництва електронного апарату.

Випробування дослідного зразка виробу можуть бути різні, наприклад, виконані в спеціальних обладнаних камерах по дослідженню впливу вібрації (удару, імітація робочого діапазону частот) на функціонування блоку електронного апарату, або тестування безпосередньо зміни споживчих властивостей і заявлених характеристик у готового виробу. За результатами випробувань робиться коригування параметрів, компонування систем віброізоляції і ін. характеристик блоку електронного апарату і здійснюється або повернення на доопрацювання, або запуск партії або серії виробів.

Оскільки підлаштовувати управління конструкторською підготовкою виробництва електронних апаратів під умови експлуатації, задані вимоги вібраційної стійкості і надійності останніх необхідно саме вибором дій, що управляють, спрямованих на конструювання блоків електронних апаратів, то актуальною є проблема вибору найбільш дієвих заходів або формування змісту і послідовності дій, що управляють, які приносять за мінімальну кількість ітерацій максимальний якісний результат. Має місце декілька варіантів (сценаріїв) управління, кожен варіант характеризується наявністю суперечливих результатів. Протиріччя може бути, як в самому конструюванні, безпосередньо спрямованому на поліпшення параметрів і компонування вироблюваного об'єкту, так і протиріччя в меті управління - втрата ефективності управління конструкторською підготовкою виробництва - відстали від конкурентів, припустимо матеріальні збитки і так далі.

Якщо розглядати існуючу кількість ітерацій в управлінні конструкторською підготовкою виробництва електронних апаратів, то приходимо до висновку, що управління даним процесом здійснюється "наосліп" і тому такого роду організація управління неефективна і недопустима надалі. Щоб виключити виникнення такого роду ситуацій з управлінням конструкторською підготовкою виробництва електронних апаратів необхідно формалізувати і систематизувати завдання управління. Для конструкторської підготовки виробництва блоків електронних апаратів необхідно зробити моделювання блоків електронних апаратів, передбачити інструменти прогнозування поведінки об'єкту в часі, виділити групи дій, що управляють, відстежити ефективність управління конструкторською підготовкою виробництва і реалізувати отримані результати у вигляді автоматизованої системи або системи підтримки прийняття рішень [2], яка буде вирішувати дані функції автоматизованого управління.

**Значимість отриманих результатів.** Здійснено аналіз літературних джерел та сформульовано мету досліджень. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Розробити концептуальну модель типового елемента заміни.
2. Побудувати алгоритмічне забезпечення проектування типових елементів заміни електронних апаратів.
3. Створити і дослідити середовище проектування типових елементів заміни електронних апаратів.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Suhir E. Predicted Fundamental Frequency of Vibration of a Heavy Electronic Component Mounted on a Printed Circuit Board / E. Suhir // ASME Journal of Electronic Packaging. – 2000. - Vol. 122, No 1. - pp. 3-5,.
2. Осипов Г.С. Построение моделей предметных областей. Ч. I. Неоднородные семантические сети/ Г.С.Осипов // Техническая кибернетика. – 1990. - № 5. – С.32 - 45.
3. Саати Т. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети / Т.Саати; [науч. ред. А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова]. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. –360 с.

### ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА СИСТЕМЫ МОДЕЛЕЙ РИСК-МЕНЕДЖМЕНТА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В КОНЦЕПЦИИ BPM НА БАЗЕ ПЛАТФОРМЫ SAP

Перминова И.Е., магистрантка гр. 14-ДНИ

Научный руководитель д. э. н., профессор Миксюк С.Ф.

*Белорусский государственный экономический университет (г. Минск)*

В современных условиях глобализации белорусская экономика, являясь малой открытой, ресурсозависимой, в высокой степени подвержена внешним рискам. Поэтому оперативная отработка стратегий развития предприятия в условиях прогнозируемых рисков является актуальной задачей. Проблема еще более усложняется в связи с отсутствием информационных систем для решения подобного класса задач: используемые на предприятиях ERP-системы решают задачи тактического уровня и ориентированы на обработку огромного количества отдельных бизнес-операций (транзакций), а DSS-системы относятся к классу информационных и работают только с отчетными данными. По нашему мнению, этой цели в большей степени подходит новая управленческая концепция BPM (Business Performance Management) и соответствующая ей информационная система, которая, в отличие от



ERP-системы оперативного уровня, представляет собой интегрированную систему управления, увязывающую в агрегированном виде модели оперативного управления предприятием (финансово-экономическая, процессная, модель взаимодействия сторон, модель предприятия как генератора денежных потоков и др.) с представлением расчетов в виде набора сбалансированных показателей (BSC – Balanced Scorecard).

В [1, с. 261] нами разработано методическое обеспечение системы моделей риск-менеджмента производственного предприятия в концепции BPM как инструмента обоснования стратегии расширения ассортимента предприятия в условиях прогнозируемых рисков. Система моделей включает модели прогнозирования спроса на готовую продукцию, модель «затраты-выпуск» (input-output), «затраты-выгоды»; в модель включены риски изменения внешнего спроса на продукцию, цен на импортируемые ресурсы и цен на экспорт. Результатом работы модели является согласование SOP (Sales and Operations Plan) и MPS (Master Production Schedule) планов в условиях ограничений предприятия по ресурсам (финансовым, трудовым, материальным, производственным мощностям) и прогнозируемых рисков. Результаты модельных расчетов интерпретируются в виде набора расчетных *KPI-показателей (Key Performance Indicators) по методологии* системы сбалансированных показателей в разрезе структурных подразделений предприятия: рентабельность (финансы); доля новых продуктов в общем объеме выпускаемого ассортимента (клиенты); соответствие (отношение) заработной платы средней по отрасли (персонал); время освоения новых продуктов (внутренние бизнес-процессы).

Целью данного исследования является обоснование подходов к разработке программного обеспечения системы моделей на базе платформы SAP, а также разработка панели визуализации модельных расчетов с использованием SAP Business Objects Dashboards (создание информационной панели, или дашборда).

В качестве *внемашинного информационного обеспечения* системы моделей выступает нормативная матрица расхода ресурсов по процессам, тарифная сетка оплаты труда, ставки амортизационных отчислений, цены на внутреннюю и импортируемую продукцию, а также прогнозируемый спрос на конечную продукцию. *Внутримашинное информационное обеспечение* представляет собой базы данных в SAP, а также многомерную модель данных на основе OLAP-кубов с учетом архитектуры их измерений, промежуточных инфо-провайдеров и всех необходимых инфо-объектов.

*Программным обеспечением* являются решения, поставляемые немецкой компанией SAP SE: OLTP-система SAP ERP, SAP Business Warehouse – платформа для создания корпоративных хранилищ данных, SAP Business Objects – BI-аналитика для расширенного анализа, представления и отслеживания данных в максимально наглядном виде в режиме реального времени; а также программные продукты для прогнозирования, статистического и эконометрического моделирования и аналитической разведки данных – EvIEWS, SPSS Statistics.

Верхним звеном информационной составляющей комплекса выступает *информационная панель управления*, или дашборд, созданная на базе средства визуализации SAP Business Objects Dashboards. Источниками данных для графического интерфейса являются инфо-кубы или мультипровайдеры хранилища SAP BW, к которым создаются запросы SAP BEx Query Designer на выборку необходимой информации (либо экстракция напрямую из источника). Дашборд отображает рассчитанные по модели KPI-показатели в виде диаграмм, а также

предоставляет возможность моделирования сценариев «что-если». Две закладки «Управляющие параметры» и «Сценарные расчеты» содержат бегунки с рассчитанными по модели значениями показателей, а также возможностью их изменения в пределах от 0 до 200% (или -100% до +100%), что позволяет наблюдать соответствующие изменения KPI-показателей на диаграммах. Для сценарных расчетов использованы бегунки, отвечающие за *риски* изменения цен на импортируемую продукцию, а управляющие параметры включают цены на производимую продукцию и численность занятых. При изменении управляющих параметров можно нейтрализовать воздействия рисков факторов и поддерживать значения KPI на необходимом для выбранной стратегии уровне. Каждый шаг моделирования на информационной панели сопровождается динамически отображаемыми автоматическими пересчетами по модели.

Обобщенная схема хранения, экстракции, трансформаций и потока данных с учетом встраиваемой в SAP балансовой модели в рамках BPM-концепции управления предприятием представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Обобщенная схема хранения, потока и преобразования данных в SAP

Исходная система включает три компонента:

- 1) транзакционная система (SAP ERP) – содержит необходимую для модели нормативную информацию, справочники, детальные транзакционные данные: цены, ставки амортизационных отчислений, тарифную сетку оплаты труда, спрос;
- 2) внешняя система (Eviews, SPSS) – выполняет процесс прогнозирования спроса на основе отчетной информации, поступающей из транзакционной системы;
- 3) источник данных – объект, интегрирующий отчетную и прогнозную информацию для последующей экстракции в хранилище данных SAP BW.

Прогнозируемые данные могут поступать в источник как напрямую из внешней системы, так и из OLTP-системы, в которую информация также будет записана после прогнозирования (в зависимости от логики процесса трансформации данных и архитектуры системы).

Хранилище данных SAP BW, с помощью создания всех необходимых инфо-объектов, провайдеров, измерений инфо-кубов и трансформаций как в самой BW-системе, так и за ее пределами от источника данных, содержит информацию в агрегированном и необходимом для балансовой модели виде. Далее агрегированная на необходимом уровне информация поступает в модель, в процессе работы которой производятся расчеты.

SAP Business Objects Dashboards, а также другие средства визуализации предоставляют возможность наглядного представления рассчитанных данных и моделирования в зависимости от изменяющихся условий внешней среды и служат базой для последующей аналитики.

В процессе анализа происходит сравнение полученных по модели данных с возможностями и целями развития предприятия. При необходимости осуществляется пересмотр политики предприятия и принятие соответствующих управленческих решений, корректировка входной прогнозируемой информации в исходной системе – и процесс моделирования и планирования повторяется заново. В противном случае, если рассчитанные показатели удовлетворяют возможностям и целям развития

предприятия, происходит составление SOP-, MPS- (который и является границей между BPM- и ERP-системами), MRP- и CRP-планов и дальнейшее оперативное планирование.

Таким образом, разработана балансовая модель риск-менеджмента, интеграция которой в SAP согласно предлагаемой схеме хорошо вписывается в процесс управления на каждом уровне в концепции BPM. Основные результаты работы модели состоят в расчете KPI-показателей и возможности взаимосвязи BPM и ERP модулей и уровней управления. Визуализация расчетов с помощью SAP BO Dashboards позволит в рамках прорабатываемых на основе модели альтернативных траекторий роста предприятия обеспечить их сравнительную аналитическую обозримость и реализовать методики и бизнес-процессы управления на практике, а формирование необходимых провайдеров и справочников в хранилище данных SAP BW – выйти с учетом выбранной траектории на расчет показателей SOP и MPS-планов и тем самым обеспечить связь модели с модулем бюджетирования в ERP-системах.

#### Литература

1. Миксюк, С.Ф. Балансовые модели риск-менеджмента как инструмент BPM-технологий в системе управления промышленным предприятием / С.Ф. Миксюк, И.Е. Перминова // Научные труды Белорусского государственного экономического университета: юбил. сб. – Минск: БГЭУ, 2013. С. 261-272.
2. Духонин, Е.Ю. Управление эффективностью бизнеса. Концепция Business Performance Management / Е.Ю. Духонин, Д.В. Исаев, Е.Л. Мостовой и др.; под. общ. ред. Г.В. Генса. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. – 269 с.
3. Kaplan, Robert S. The Strategy-Focused Organization: How Balanced Scorecard Companies Thrive in the New Business Environment / Robert S. Kaplan, David P. Norton. – Harvard.: Business Review Press, 2000. – 416 p.
4. Rausch, P. Business Intelligence and Performance Management – Theory, Systems and Industrial Applications / P. Rausch, A.F. Sheta, A. Ayesh. – London: Springer, 2013 – 269 p.

### **СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ОБЛАДНАННЯМ ДЛЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ МАТЕРІАЛІВ З ГІДРОПРИВОДОМ ОБЕРТАЛЬНОГО РУХУ**

Соколов В.І., Соколова Я.В., Азаренко Н.Г., Рассказова Ю.Б.

*Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля*

Якість механічної обробки багато в чому залежить від можливості реалізації оптимальних законів руху інструменту та деталей, що оброблюються, точності регулювання їх переміщень, підтримки заданих швидкостей в умовах змінного та стохастичного навантаження. Виконання технологічних та функціональних вимог до обладнання для механічної обробки матеріалів забезпечується використанням автоматичних електрогідравлічних приводів, зокрема, гідроприводів з обертальним рухом вихідної ланки.

Підвищення енергетичної ефективності та поліпшення динамічних характеристик обладнання для механічної обробки матеріалів з гідроприводом обертального руху може бути досягнуто розробкою та застосуванням систем автоматичного керування (САК). Аналіз рівня автоматизації сучасного технологічного обладнання для механічної обробки показав, що існуючі системи використовують спрощені математичні моделі робочих процесів, не враховують

стохастичне збурення та шум спостереження, в наслідок чого відсутні можливості подальшого його удосконалення.

Метою роботи є удосконалення обладнання для механічної обробки матеріалів з гідроприводом обертального руху шляхом розробки САК, що забезпечує підвищення енергетичної ефективності та поліпшення динамічних характеристик обладнання.

Розрахункова схема математичної моделі динамічних характеристик силової частини гідроприводу обертального руху обладнання для механічної обробки матеріалів приведена на рис. 2. Слід відзначити, що в загальному випадку гідравлічна схема може бути з розімкнутою та замкнутою циркуляцією робочої рідини. Враховуючи, що схема з розімкнутою циркуляцією є окремим випадком замкнутої, яка з точки зору математичного опису є більш складніша, тому розглянута остання. В схемі позначені:  $\Omega_n$  – кутова швидкість вала насоса;  $\gamma$  – кут нахилу шайби (блока циліндрів) аксіально-поршневого насоса;  $t$  – час;  $\Omega$  – кутова швидкість вала гідромотора;  $\alpha$  – кут повороту вала гідромотора;  $Q_n$ ,  $Q_m$  – ідеальні витрати насоса та гідромотора;  $Q_{nn}$ ,  $Q_{nm}$  – витрати перетоків в насосі та гідромоторі;  $Q_{yn1}$ ,  $Q_{yn2}$ ,  $Q_{ym1}$ ,  $Q_{ym2}$  – витрати виток в лініях насоса та гідромотора;  $Q_{nn1}$ ,  $Q_{nn2}$  – витрати підживлення скрізь підживлючі клапани;  $p_1$ ,  $p_2$  – тиски в трубопроводах високого та низького тисків;  $p_{nn}$  – тиск в магістралі перед підживлючим клапаном.

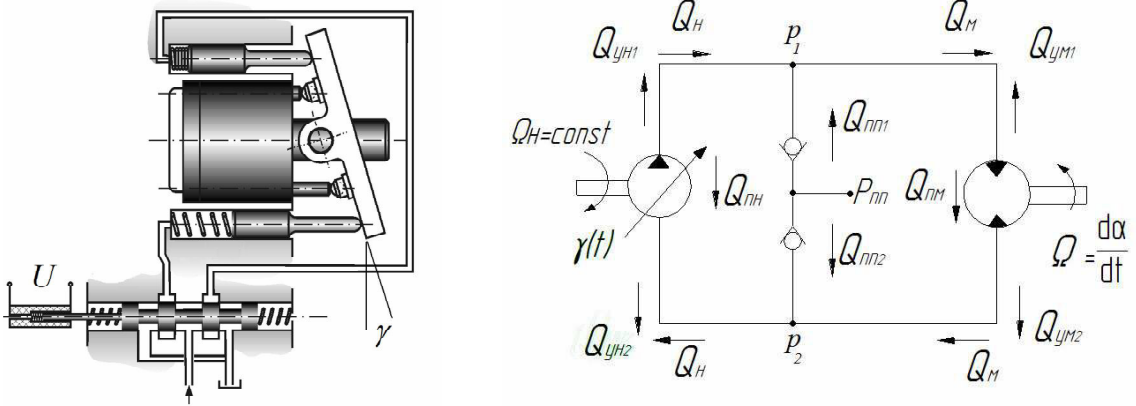


Рис. 2. Розрахункова схема математичної моделі

Математична модель силової частини гідроприводу обертального руху обладнання для механічної обробки матеріалів включає наступні рівняння та залежності:

$$\begin{aligned}
 Q_m &= \frac{q_m}{2\pi} \Omega; \\
 Q_n &= \frac{q_n}{2\pi} \Omega_n; \quad q_n = F_n z_n D_n \operatorname{tg} \gamma; \\
 Q_m + Q_{nn} + Q_{nm} + Q_{yn1} + Q_{ym1} + Q_{сж1} - Q_{nn1} - Q_n &= 0; \\
 Q_m + Q_{nn} + Q_{nm} - Q_{yn2} - Q_{ym2} - Q_{сж2} + Q_{nn2} - Q_n &= 0; \\
 Q_{nn} &= Q_{nm} = Q_{nep}; \quad Q_{yn1} = Q_{ym1} = Q_{ym1}; \quad Q_{yn2} = Q_{ym2} = Q_{ym2}; \\
 Q_{nep} &= k_{nep} (p_1 - p_2); \quad Q_{ym1} = k_{ym} p_1; \quad Q_{ym2} = k_{ym} p_2; \\
 M_m &= \frac{q_m}{2\pi} (p_1 - p_2) p_m; \quad M_{noz} = k_{noz} \alpha; \quad M_{mp} = k_{mp} \frac{d\alpha}{dt}; \\
 Q_{сж1} &= \frac{W_0}{E_{жс}} \frac{dp_1}{dt}; \quad Q_{сж2} = \frac{W_0}{E_{жс}} \frac{dp_2}{dt};
 \end{aligned}$$

$$M_M - M_{mp} - M_{noz} - M = J \frac{d\Omega}{dt};$$

$$\Omega = \frac{d\alpha}{dt};$$

де  $Q_{сж1}$ ,  $Q_{сж2}$  – складові витрати, які пов'язані з компенсацією стисливості рідини (витрати стискування);  $k_{кл}$  – провідність підживлюючого клапана;  $q_m$  – робочий об'єм гідромотора;  $q_n$  – робочий об'єм насоса;  $F_n$  – робоча площа одного поршня (плунжера) насоса;  $z_n$  – кількість поршнів;  $D_n$  – діаметр кола, на якому розташовані вісі поршнів насоса;  $k_{пер}$  – провідність щілин, по яким в насосі та гідромоторі здійснюються перетоки рідини з порожнин з високим тиском в порожнини з низьким тиском;  $k_{ум}$  – провідність щілин, по яким здійснюється виток рідини з насоса та гідромотора;  $J$  – момент інерції частин, що обертаються з валом гідромотора (приведений момент інерції навантаження та ротора мотора);  $W_0$  – внутрішній об'єм трубопроводів з підключеними до нього об'ємами порожнин насоса та гідромотора;  $M_{mp}$  – момент від сил тертя;  $M_{noz}$  – момент від дії позиційного навантаження;  $M_M$  – крутний момент;  $k_{noz}$  – коефіцієнт жорсткості позиційного навантаження;  $k_{mp} = k_{mp1} + k_{mp2}$ ;  $k_{mp1}$  – коефіцієнт моменту від сил тертя в гідромоторі;  $k_{mp2}$  – коефіцієнт моменту від сил тертя в виконавчому механізмі.

Так як стохастична збурююча дія, що прикладена до об'єкту керування, проявляє себе незалежно від керуючого сигналу, то синтез САК обладнанням для механічної обробки матеріалів з гідроприводом обертального руху виконано з урахуванням адитивної перешкоди. Рішення задачі стохастичної лінійної оптимальної системи при неповній інформації про стан відповідно до методу розподілу розбито на дві: задачу синтезу оптимального наглядача та детерміновану задачу синтезу оптимальної системи. Структурна схема моделі оптимальної системи автоматичного керування наведена на рис. 2.

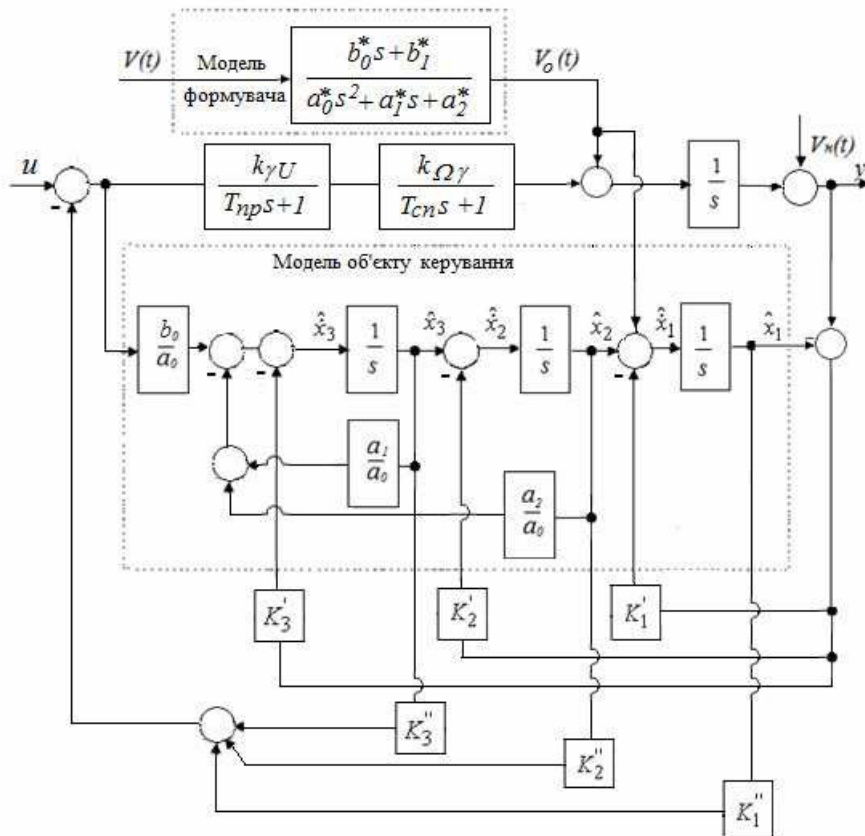


Рис. 2. Структурна схема САК

На рис. 2 позначені наступні параметри приводу:  $T_{np}$  – постійна часу процесу регулювання робочого об'єму насоса;  $T_{cn}$  – постійна часу силової частини приводу;  $k_{\gamma U}$  – коефіцієнт передачі для кута нахилу шайби (блоку циліндрів) по керуючий напрузі;  $k_{Q\gamma}$  – коефіцієнт передачі силової частини приводу;  $k_{QM}$  – коефіцієнт передачі для кутової швидкості по навантажуючому моменту.

Перехідні процеси стохастичної замкнутої САК обладнанням для механічної обробки без використання фільтра Калмана-Бьюсі та з використанням фільтра при наявності збурюючого впливу на об'єкт керування у вигляді білого шуму з спектральною щільністю  $Sv(\omega)=1$  та наведені на рис. 3. Дослідження показали, що в діапазоні можливих параметрів збурювання фільтр виконує функцію оптимальної фільтрації, забезпечує необхідну якість управління обладнанням та істотно зменшує тривалість перехідного процесу.

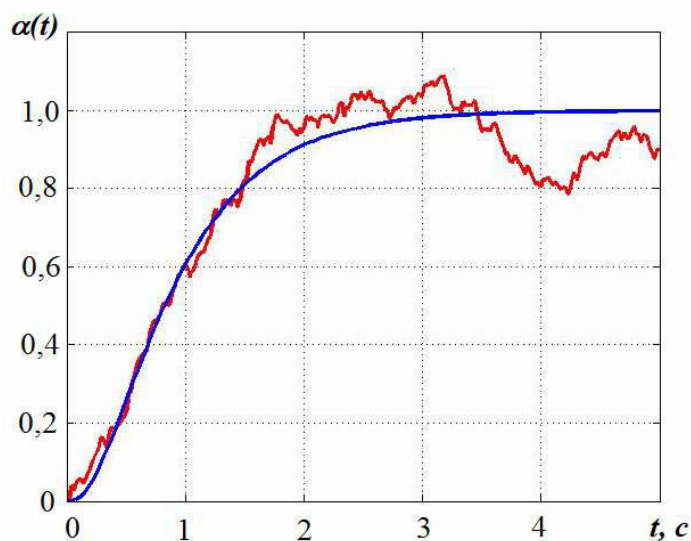


Рис. 3. Перехідні процеси в стохастичній замкнутій системі без використання та з використанням фільтра Калмана-Бьюсі

Використання розробленої САК дає можливість поліпшити динамічні характеристики та розширити функціональні можливості обладнання для механічної обробки матеріалів. Застосування САК дозволяє в координатно-свердлильних верстатах з гідроприводом головного руху знизити коливальність системи більш ніж на 12%, а в обладнанні для пластичного формоутворення конструкцій та деталей машинобудування розширити номенклатуру виробів та скоротити операційний час до 17%.

## ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНИХ ОСНОВ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У СИСТЕМІ ПРОЕКТУВАННЯ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ АПАРАТІВ

Власенко Є.В ст. гр. РЕА-10дм.

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля  
Технологічний інститут

**Мета та завдання досліджень.** Метою роботи є вирішення актуальної задачі моделювання, аналізу та дослідження математичних основ прийняття рішень у системі проектування радіоелектронних апаратів, які дозволять оптимально організувати процес компоновки типового елемента заміни або блоку електронного апарату та забезпечити беззбитковість процесу виробництва.

**Методики проведення досліджень.** Радіоелектронна апаратура знаходить застосування майже у всіх галузях господарства, правоохоронних та збройних силах, побуті всіх країн світу. В даний час створення систем автоматизованого конструювання розвивається за наступними двома напрямками:

- 1) проектування систем, що працюють в режимі пакетної обробки інформації;
- 2) конструювання систем, що працюють в режимі діалогу конструктора-оператора з електронно-обчислювальною машиною.

Системи, що працюють в першому режимі, виключають безпосередню взаємодію користувача з електронно-обчислювальною машиною. Програми збираються в пакет і вводяться автоматично в послідовності, обумовленою програмою-диспетчером [1]. При цьому можлива лише деяка, як правило незначна, перебудова системи на підставі вказівок конструктора-оператора, яка полягає у зміні послідовності вирішення завдань на кожному етапі проектування. У таких системах корекція отриманих результатів можлива лише після закінчення обробки інформації на електронно-обчислювальній машині та відображенні її на відповідному носії. Даний режим роботи системи придатний лише для вирішення завдань, що не містять великої кількості суперечливих вимог, які призводять до неоднозначності рішень і потребують втручання розробника [2].

До таких завдань відносять задачі аналізу та моделювання полів різної фізичної природи, що діють в конструкціях радіоелектронної апаратури, так як ці завдання зводяться до суто розрахунковим обчислювальним операціям, що гарантує однозначне рішення.

Системи, що працюють в другому режимі, передбачають зв'язок розробників з електронно-обчислювальною машиною через спеціальний дистанційний пульт. При цьому виявляється можливим активне втручання розробника в роботу системи. Необхідність такого втручання на різних етапах проектування, накладає певні вимоги на характеристики використовуваної в системах автоматизованого проектування машини. Якщо обчислювальна машина, на якій проводиться проектування конструкцій радіоелектронної апаратури, працює в режимі послідовної обробки інформації, то кожне втручання вимагає великих витрат часу: друк отриманих результатів, передача їх розробнику, формалізація вказівок розробника і введення їх у машину. Тому розробник повинен мати можливість безпосереднього спілкування з машиною. Для того щоб при цьому не було непродуктивних втрат машинного часу, машина під час проектування повинна працювати в режимі розподіленого часу. У подібному режимі є можливість виконання декількох завдань одночасно, без помітної затримки в завершенні кожної з них у порівнянні з окремим рішенням цих завдань [3].

Подальший розвиток таких систем пов'язано з використанням спеціальних багатопроцесорних електронно-обчислювальних машин, в яких подібний ефект розподілення часу виконання операцій досягається не програмними, а апаратними засобами.

На стадії конструкторського проектування виконуються роботи, пов'язані з аналізом одержуваних конструктивних рішень з точки зору розподілу електромагнітних і температурних полів, полів механічних напруг; розрахунком паразитних зв'язків між елементами конструкції і оцінкою надійності розроблюваного пристрою.

Тому що крім конструкцій електронних вузлів і блоків до загального складу радіоелектронної апаратури зазвичай входять механічні та електромеханічні вузли та блоки (механічні передачі, точні механізми, селісини і т. п.), а також елементи несучих конструкцій (плати, рамки, шасі і т. п.), то на даній стадії проектування

також здійснюють розрахунок механічних характеристик і вибір основних параметрів цих конструктивних одиниць.

Кінцевим результатом всіх проведених на стадії конструкторського проектування робіт є випуск конструкторської та експлуатаційної документації на електричні та механічні частини розроблюваного виробу, яка повинна бути оформлена у відповідності до номенклатурних вимог.

**Значимість отриманих результатів.** Здійснено аналіз літературних джерел та сформульовано мету досліджень. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Формалізувати управління виробництвом електронних апаратів.
2. Синтезувати критерії компоновки типових елементів заміни та блоків електронних апаратів.
3. Розробити математичні основи процесу прийняття рішень для системи проектування радіоелектронної апаратури.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мудла Б.Г. Вітчизняні мобільні технічні засоби інформаційно-психологічного забезпечення військ / Б.Г. Мудла, В.Г. Сербін, А.І. Сухомлин // Математичні машини і системи. - 2008. - № 3. - С. 68 - 74.
2. Сучков Д.И. Проектирование печатных плат в САПР P-CAD и ACCEL EDA / Д.И. Сучков. - М.: "Малип", 1998 г. - 577 с.
3. Интеллектуальные системы автоматического управления/ [Под ред. И.М. Макарова, В.М. Лохина]. - М.: Физматлит, 2001. – 576 с.

### РОЗРАХУНОК ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ ОБ'ЄКТІВ ТРЕТЬОГО ПОРЯДКУ З ЗАПІЗНЕННЯМ МЕТОДОМ КВАДРАТУР

Поркуян О. В., д.т.н., проф.; Проказа О. І., к.т.н., доцент; Кулаков О. Ю., ст. гр. АТП-11д  
*Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля*

Технологічні процеси хімічної, нафтохімічної, нафтопереробної, харчової, фармацевтичної, енергетичної та інших галузей промисловості є інерційними, у багатьох випадках нелінійними, з широким діапазоном зміни сталих часу та часу чистого запізнення (ЧЧЗ). Як правило, вони є багатовимірними й мають  $n$  вихідних координат, які підлягають стабілізації,  $m$  вхідних координат, з допомогою котрих виконують цю стабілізацію та  $z$  впливових. Останні іноді використовують для зменшення їх впливу на вихідні координати. За вихідними, вхідними та основними впливовими координатами будуються інформаційно-вимірювальні системи (ІВС), роль яких полягає в отриманні інформації про характер зміни технологічних параметрів, для побудови систем автоматичного регулювання (САР), розрахунку значень технологічних параметрів, котрі не вимірюються засобами вимірювального контролю (ЗВК), формуванні дозволених меж їх зміни тощо. ІВС широко використовуються в комп'ютерно-інтегрованих системах контролю та управління (KICKY) різноманітними технологічними процесами (ТП), а також в системах обліку матеріальних і теплових потоків. Перехідні процеси широко використовуються в KICKY для визначення швидкості руху технологічних параметрів, налагоджувальних параметрів регуляторів, формування способів фільтрації вимірювальної інформації. Методи розрахунку перехідних процесів, на яких базується програмне забезпечення сучасних KICKY, є наближеними, за рахунок чого точність їх розрахунку є невеликою, що приводить до зменшення ефективності роботи технологічного об'єкта контролю та управління (ТОКУ), збільшення енергоспоживання та зменшення якості продукції. Тому підвищення точності ІВС та САР є актуальною задачею.



У сучасних КІСКУ ТП, до складу котрих входять ТОКУ, ІВС і САР, розрахунок перехідних процесів у більшості випадків виконується за методом зворотного перетворення Лапласа або класичним методом і значно рідше використовуються частотні методи, що пов'язано з великим часом їх розрахунку. Похибка розрахунку перехідного процесу за відомими методами може складати від 10 до 40%. При чому час чистого запізнення, як правило, не враховується. За рахунок цього ці методи у багатьох сучасних КІСКУ не використовуються для розрахунку оптимальних налагоджень регуляторів САР чи зменшення похибки ВК. Як показали дослідження різних методів розрахунку перехідних процесів, найбільш придатний для використання в КІСКУ є метод квадратур. Передавальну функцію будь-якої складної системи регулювання можна записати таким чином:

$$W(j\omega) = k \left[ \frac{C(\omega)}{B(\omega)} - j \frac{D(\omega)}{B(\omega)} \right] = k \left[ \left( 1 - \frac{K(\omega)}{B(\omega)} \right) - j \frac{D(\omega)}{B(\omega)} \right], \quad (1)$$

де  $C(\omega)$ ,  $B(\omega)$ ,  $D(\omega)$  - поліноми:

$$C(\omega) = (1 - 0,5\omega^2\xi^2)(1 - \omega^2\tau_2^2) - \omega^2\xi(1 - 0,17\omega^2\xi^2)(\tau_1 - \omega^2\tau_3^3);$$

$$B(\omega) = (1 - \omega^2\tau_2^2)^2 + \omega^2(\tau_1 - \omega^2\tau_3^3)^2;$$

$$D(\omega) = \omega[\xi(1 - 0,17\omega^2\xi^2)(1 - \omega^2\tau_2^2) + (\tau_1 - \omega^2\tau_3^3)(1 - 0,5\omega^2\xi^2)].$$

Поліном  $K(\omega) = B(\omega) - C(\omega)$  - називається додатковим і для лінійних динамічних систем має спільний множник  $\omega^2$ . Для розглядуваного об'єкта поліном має вигляд:

З рівняння (1), враховуючи додатковий поліном, для системи четвертого порядку маємо:

$$\text{Re}(\omega) = k[1 - K(\omega)/B(\omega)] = k[1 - \omega^2 N_2(\omega)], \quad (2)$$

де

$$N_2(\omega) = (B_0 - \omega^2 B_1 + \omega^4 B_2) / B_3, \quad (3)$$

$$\text{де: } B_0 = \tau_1^2 - \tau_2^2 + \xi\tau_1 + 0,5\xi^2; \quad B_1 = 2\tau_3^3\tau_1 + \xi\tau_3^3 + 0,17\xi^3\tau_1 + 0,5\xi^2\tau_2^2;$$

$$B_2 = \tau_3^6 + 0,17\xi^3\tau_3^3; \quad B_3 = (1 - \omega^2\tau_2^2)^2 + \omega^2(\tau_1 - \omega^2\tau_3^3)^2.$$

Враховуючи (2) і (3), рівняння (1) набуває такого вигляду:

$$W(j\omega) = k[(1 - \omega^2 N_2(\omega)) - j\omega N_1(\omega)]. \quad (4)$$

Так як і  $N_1(\omega)$  і  $N_2(\omega)$  є деякими сталими часу залежними від частоти  $\omega$ , то передавальна функція (4) описує наступне диференціальне рівняння другого порядку:

$$N_2(\omega) \frac{d^2 y}{dt^2} + N_1(\omega) \frac{dy}{dt} + y = kx \quad (5)$$

Рівняння (5) називається квадратурним, так як об'єкти, котрі описуються лінійними диференціальними рівняннями високого порядку можна описати сукупністю диференціальних рівнянь другого порядку (квадратурами). Параметр  $N_2(\omega_{\Pi}) = 1/\omega_{\Pi}^2 = \tau_2^2$ .

Показано, що складну ІВС, САР чи ТОКУ, які складаються з лінійних динамічних елементів та описується диференціальним рівнянням високого порядку, можна привести до систем другого порядку (квадратур). Причому перша квадратура є основною і може бути використана для розрахунку перехідного процесу. Доказано, що сталі часу ідентифікованого диференціального рівняння першої квадратури визначаються за дійсною та уявною частотними характеристиками реальної складної ІВС, САР та ТОКУ.

## ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ ЗА ЗМІНОЮ ТЕМПЕРАТУРИ ТІЛА

Проказа О. І., к.т.н., доцент; Рябіченко А.В., к.т.н., с.н.с.; Петросян Л.І. здобувач  
Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля

Термодинамічні процеси протікають в кожному біологічному організмі в тому числі й людському, і характеризують стан його здоров'я. Тому температурні зміни в організмі в цілому або його окремих частинах є одним з основних показників, котрий широко використовується в медицині. За нормовану номінальну температуру людського організму прийнята температура 36,6 °С. У загальному номінальна температура є індивідуальною для кожної людини і може змінюватися від 36,2 °С до 36,7 °С. Підвищення температури тіла людини до 37 °С і вище у клінічній практиці кваліфікується як початок захворювання, яке провокується тією чи іншою причиною. Тому підвищення температури людського організму вище 37 °С є першою діагностичною ознакою його захворювання. Розглянемо задачу, коли основне та додаткове джерело теплової енергії працюють автономно. Тоді рівняння реологічного перенесення теплової енергії цього джерела можна описати наступним диференціальним рівнянням:

$$\frac{\partial E_{\partial}(\theta_{\partial}, V)}{\partial \theta_{\partial}} = -aLV_{\Pi} \frac{\partial^2 E_{\partial}(\theta_{\partial}, V)}{\partial V^2} - \bar{v}_{\partial} S_{\partial} \frac{\partial E_{\partial}(\theta_{\partial}, V)}{\partial V} + \gamma_{\partial E}(t), \quad (1)$$

де  $E_{\partial}(\theta_{\partial}, V)$  - кількість теплової енергії, яка передається від додаткового джерела в об'єм  $V$  за час  $\theta_{\partial}$ ,  $a = \lambda / c_p \rho$  - температуропровідність біологічного матеріалу;  $L$  - довжина шляху перенесення теплової енергії;  $V_{\Pi}$  - об'єм перебування теплової енергії;  $\bar{v}_{\partial}$  - середня швидкість перенесення конвекційної складової теплової енергії від хворого органу;  $S_{\partial}$  - площа перенесення теплової енергії від хворого органу;  $\gamma_{\partial E}(t)$  - швидкість стоку теплової енергії від хворого органу за час  $t$ .

У першому наближенні прийемо, що перенесення теплової енергії є двоступеневим, тобто від додаткового джерела до поверхні хворого органу, а далі від цієї поверхні до рідинного потоку (наприклад, крові). Тоді для швидкості стоку теплової енергії  $E_{\partial C}(t)$  маємо:

$$\gamma_{\partial E}(t) = K_C \left[ \tau_{2\partial C}^2 \frac{d^3 E_{\partial C}(t)}{dt^3} + \tau_{1\partial C} \frac{d^2 E_{\partial C}(t)}{dt^2} + \frac{dE_{\partial C}(t)}{dt} \right], \quad (2)$$

де  $K_C$  - коефіцієнт стоку теплової енергії від ураженого органу;  $\tau_{1\partial C}, \tau_{2\partial C}$  - сталі часу перенесення теплової енергії від цього органу за рахунок стоку.

Підставивши (2) у рівняння (1), отримуємо:

$$\begin{aligned} \frac{\partial E_{\partial}(\theta_{\partial}, V)}{\partial \theta_{\partial}} + aLV_{\Pi} \frac{\partial^2 E_{\partial}(\theta_{\partial}, V)}{\partial V^2} + \bar{v}_{\partial} S_{\partial} \frac{\partial E_{\partial}(\theta_{\partial}, V)}{\partial V} = \\ = K_C \left[ \tau_{2\partial C}^2 \frac{d^3 E_{\partial C}(t)}{dt^3} + \tau_{1\partial C} \frac{d^2 E_{\partial C}(t)}{dt^2} + \frac{dE_{\partial C}(t)}{dt} \right]. \end{aligned} \quad (3)$$

Рівняння (3) справедливе для випадку, коли хворий орган характеризується сталим об'ємом і постійністю створеної теплової енергії (до таких недугів можна віднести стаціонарні (хронічні) або квазістаціонарні захворювання окремих органів людини). У разі інших захворюваннях (наприклад, грипозного характеру, пневмонії, лихомордці тощо) спостерігається збільшення об'єму ураженого органу, площі

теплообміну, а також кількості теплової енергії, що є предметом подальших досліджень.

Виконані експериментальні та теоретичні дослідження термодинамічних процесів (ТДП) людського організму в процесі його захворювання та протікання хвороби. Показано, що інкубаційний період залежить від типу хвороби: при грипозному захворюванні цей період є характерним для всіх вікових категорій людини, а при гострому респіраторному захворюванні (ГРЗ) – він є практично відсутнім. Запропонована структурна схема протікання захворювання людини, яке супроводжується ТДП. Запропоновано процес захворювання представляти розімкненою системою управління термодинамічним режимом хворої людини з позитивним зворотним зв'язком за температурою організму людини. Це дозволяє оцінити процес захворювання і попередити можливість появи критично високих температур в організмі. Показано, що ТДП при протіканні хвороби можуть бути як аперіодичного, коливально-загасаючого та коливального характеру. Час досягнення максимального підвищення температури тіла є найменшою для людей середнього та старшого віку, а інкубаційний період для них є мінімальним. При ГРЗ інкубаційний період відсутній практично для всіх ВК людини. Таке захворювання найбільш легко переносять діти, а тривалість захворювання є мінімальною. Найбільш вразливі до ГРЗ є люди середнього та старшого віку. До найбільш простих форм захворювання можна віднести хвороби, котрі протікають за коливально-загасаючим ТДП. У них спостерігаються дві (іноді й більше) загасаючих хвиль протікання захворювання. Амплітуда другої хвилі може бути як малою, так і достатньо великою, що може бути причиною діагностування нового захворювання. Захворювання, які супроводжуються коливальним характером зміни температури організму можна віднести до найбільш складних, так як поява коливань може бути пов'язана з резонансними факторами, які мають місце в організмі.

### **РОЗРАХУНОК ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ САР ЧЕТВЕРТОГО ПОРЯДКУ МЕТОДОМ КВАДРАТУР**

Проказа О. І., к.т.н., доцент; Літвінов К. А., аспірант  
*Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля*

Особливістю кожної САР є наявність у них технологічного об'єкта керування (ТОК), засобу вимірювального контролю (ЗВК), регулятора, виконавчого механізму (ВМ), нормуючих і проміжних вимірювальних перетворювачів та інших додаткових елементів, наприклад, підсилювачів, суматорів сигналів. До основних інерційних елементів кожної САР відноситься ТОК, ЗВК, регулятор і ВМ. У залежності від складності ТОК описуються лінійними диференціальними рівняннями як першого, так і вищого порядку, регулятори – нульового, першого та другого порядку, ЗВК – нульового, першого, другого порядку та більш високого порядку. Виконавчі механізми у більшості випадків описуються диференціальним рівнянням першого порядку. Таким чином, характеристичне диференціальне рівняння, котре описує САР, як правило, є високого порядку. Якість регулювання оцінюється за характером перехідного процесу. Причому час регулювання та перерегулювання кожної САР повинні бути мінімальними. У сучасних комп'ютерно-інтегрованих системах управління для розрахунку перехідних процесів за результатами вимірювального контролю використовуються наближені методи, серед котрих широко використовується метод зворотного перетворення Лапласа. До основних недоліків цих методів є достатньо низька точність розрахунку, яка для САР високого порядку може досягати до 20 %. За рахунок складності і тривалості розрахунків відомі методи

мають достатньо низьку швидкодію. Окрім того, розрахунок оптимальних налагоджень регуляторів інтегральними методами за відповідними критичними точками перехідного процесу є достатньо неточним, що призводить до суттєвих похибок регулювання. Таким чином, розробка та дослідження методів, котрі забезпечують високу точність і швидкодію розрахунку перехідних процесів є важливою науково-практичною задачею.

Передавальна функція об'єкта четвертого порядку має вигляд:

$$W_O(s) = \frac{k_O}{(\tau_4^4 s^4 + \tau_3^3 s^3 + \tau_2^2 s^2 + \tau_1 s + 1)}, \quad (1)$$

де  $s$  - оператор Лапласа;  $k_O$  - коефіцієнт передачі об'єкта.

Уводячи заміну  $s = j\omega$ , де  $\omega$  - кругова частота, рівняння (1) приводиться до такого вигляду:

$$W_O(j\omega) = k_O \frac{(1 - \tau_2^2 \omega^2 + \tau_4^4 \omega^4)}{(1 - \tau_2^2 \omega^2 + \tau_4^4 \omega^4)^2 + \omega^2 (\tau_1 - \tau_3^3 \omega^2)^2} - j\omega k_O \frac{(\tau_1 - \tau_3^3 \omega^2)}{(1 - \tau_2^2 \omega^2 + \tau_4^4 \omega^4)^2 + \omega^2 (\tau_1 - \tau_3^3 \omega^2)^2}. \quad (2)$$

У рівняння (2) уведемо наступні позначення:  $C(\omega) = 1 - \tau_2^2 \omega^2 + \tau_4^4 \omega^4$ ;  $B(\omega) = (1 - \tau_2^2 \omega^2 + \tau_4^4 \omega^4)^2 + \omega^2 (\tau_1 - \tau_3^3 \omega^2)^2$ ;  $D(\omega) = \omega k_O (\tau_1 - \tau_3^3 \omega^2)$ .

Тоді рівняння (2) у формі відношення поліномів приймає такий вигляд:

$$W_O(j\omega) = \frac{C(\omega)}{B(\omega)} - j \frac{D(\omega)}{B(\omega)}. \quad (3)$$

Позначимо  $K(\omega) = B(\omega) - C(\omega)$  звідки  $C(\omega) = B(\omega) - K(\omega)$ . З врахуванням цього рівняння (3) набуває вигляду:

$$W_O(j\omega) = \frac{B(\omega) - K(\omega)}{B(\omega)} - j \frac{D(\omega)}{B(\omega)} = \left(1 - \frac{K(\omega)}{B(\omega)}\right) - j \frac{D(\omega)}{B(\omega)}. \quad (4)$$

Тоді рівняння (4) приймає наступну форму:

$$W_O(j\omega) = [1 - \omega^2 N_{O2}(\omega)] - j\omega N_{O1}(\omega). \quad (5)$$

Аналіз рівняння (5) показує, що функція  $N_{O1}(\omega)$  для об'єкта має розмірність часу і для диференціального рівняння другого порядку  $N_{O1}(\omega) = \xi_{O1}$  тобто дорівнює множнику біля першої похідної цього рівняння, а  $N_{O2}(\omega)$  має розмірність квадрату часу тобто  $N_{O2}(\omega) = \xi_{O2}^2$  і дорівнює множнику біля другої його похідної. Тобто приводиться до наступного ідентифікованого рівняння другого порядку:

$$\xi_{O2i}^2 \frac{d^2 y}{dt^2} + \xi_{O1i} \frac{dy}{dt} + y = k_O x, \quad (6)$$

де  $\xi_{O1i}$ ,  $\xi_{O2i}$  - сталі часу  $i$ -ої квадратури ідентифікованого об'єкта.

Розглянемо одноконтурну САР, котра за каналом регулювання описується наступною передавальною функцією:

$$W_C(s) = k_C \frac{T_5^2 s^2 + T_6 s + 1}{T_4^4 s^4 + T_3^3 s^3 + T_2^2 s^2 + T_1 s + 1}. \quad (7)$$

Дослідження САР показують, що частоти переходу квадратур через вісь  $\omega$  для систем, котрі описуються диференціальними рівняннями парного порядку, як правило, є одними й тими ж. Якщо САР описується диференціальними рівняннями не парного порядку, то має місце зміщення частот переходу. На рис. 1 приведені перехідні процеси квадратур і САР.

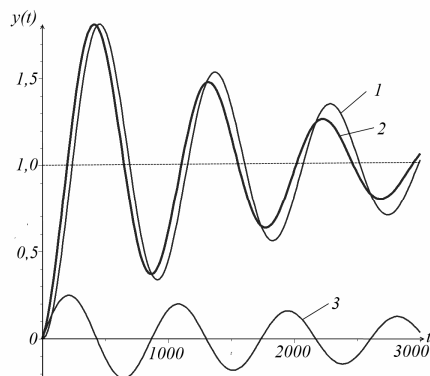


Рис. 1. Перехідні процеси для першої (крива 1), другої (крива 3) квадратури і САР (крива 2) в реальному часі  $t$

Показано, що перехідний процес складної САР, яка складаються з лінійних динамічних елементів і ПІ-регулятора та описується диференціальним рівнянням четвертого порядку, можна розрахувати методом квадратур. Суть методу квадратур полягає в тому, що за рахунок уведення в частотну передавальну функцію складної динамічної системи додаткового поліному її передавальна функція приводиться до квадратур, які мають форму передавальної функції другого порядку зі сталими часу, котрі залежать від сталих часу динамічних ланок і кругової частоти. Указується, що стала часу, яка є множником біля другої похідної першої квадратури, повністю визначається частотою переходу ДЧХ через частотну вісь. Сталу часу, яка є множником біля першої похідної першої квадратури можна визначити за мінімумом площі між реальною ДЧХ системи та ДЧХ першої квадратури. Другу квадратуру можна визначити за різницею між реальною та ідентифікованою першою квадратурою ДЧХ. Показано, що для САР четвертого порядку частота переходу ДЧХ другої квадратури рівна такій же частоті першої квадратури. Так як друга квадратура є незначною, то в багатьох практичних задачах нею можна знехтувати. До основних позитивних якостей методу квадратур є розрахунок перехідних процесів за аналітичними формулами, котрі використовуються для диференціальних рівнянь другого порядку.

## ДОСЛІДЖЕННЯ РЕПЕРНОГО АЛГОРИТМУ ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО РІВНЕМІРА З КІЛЬЦЕВИМ РУХОМ ЕЛЕКТРИЧНОГО СИГНАЛУ

Літвінов К.А., аспірант

*Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля*

Метою доповіді є теоретичне обґрунтування методу реперного сигналу для підвищення точності вимірювального контролю рівня рідинного середовища, побудованого на сталості відношення товщини газового середовища при прямому та зворотному русі УЗІ. До основних задач роботи відноситься: фізичне та математичне обґрунтування принципу формування реперного сигналу, а також описання алгоритму його використання для підвищення точності вимірювального контролю. Блок-схема рівнеміра з кільцевим рухом ультразвукового сигналу показана на рис.1.

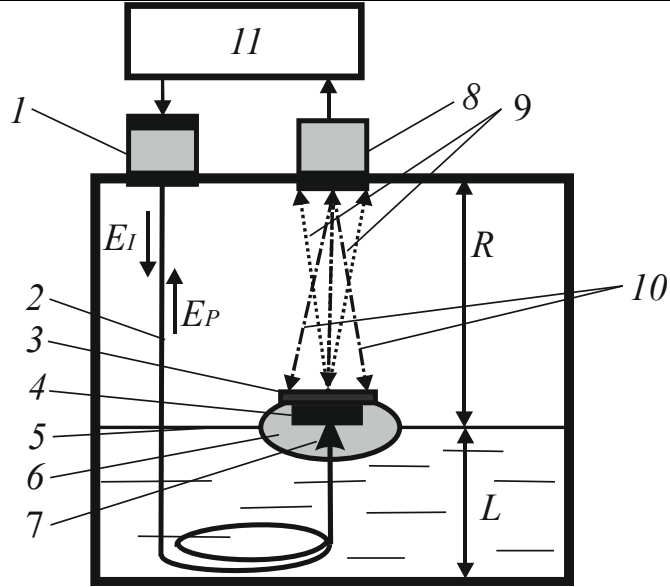


Рис. 1. Схема ультразвукового УЗР зі зворотним напрямком руху УЗІ

Час проходження УЗІ вимірюється як для прямого ( $t_1$ ), так і для зворотного ( $t_2$ ) напрямку, починаючи з моменту подачі ЕЗІ в блок 1 до моменту появи відповідних напруг на вході в БУ 11. Тривалості часу  $t_1$  і  $t_2$  запам'ятовуються у відповідному пристрої і використовуються для розрахунку рівня  $L$  РС та введення поправки у результат вимірювального контролю.

Час проходження УЗІ у ГС при деякому спрощенні описується наступним рівнянням

$$t_1 = R_L \left\{ \frac{u_0}{U_E \sqrt[3]{U_E}} \left[ \frac{2k_\zeta m_c (v_\Pi \rho_\Pi)^2 D_M D_i^2 \sqrt[3]{D_i \rho_\Pi \omega - 1}}{2K_0 v_c (1 + k_\zeta v_M) k_1 S_\Pi^5 D_\Pi^3 \sqrt[3]{D_\Pi [\sin(\omega t_k)]^2}} \right] \right\}, \quad (1)$$

де  $R_L$  - відстань від поверхні РС до приймача УЗІ;  $U_E$  - напруга електричного збуджуючого сигналу;  $u_0$  - опорна напруга;  $K_0$  - коефіцієнт передачі вимірювальної схеми;  $k_\zeta$  - сталі;  $m_c$  - маса коливальної системи приймача УЗІ;  $v_\Pi$  - лінійна швидкість руху пластини п'єзокерамічного елемента (ПКЕ);  $D_\Pi$  - жорсткість пластини;  $k_1$  - коефіцієнт демпфірування її руху (приймається, що пластини ПКЕ жорстко кріпиться до металевої захисної мембрани і створює коливальну систему);  $S_\Pi$  - активна площа пластини ПКЕ;  $\rho_\Pi$  - щільність керамічного матеріалу ПКЕ;  $D_i$  - коефіцієнт перетворення  $i$ -го реологічного переходу;  $D_M$  - ефективний коефіцієнт перетворення коливальної системи;  $\omega$  - частота вільних коливань системи;  $v_c$  - швидкість руху коливальної системи;  $v_M$  - швидкість перенесення електромагнітної енергії;  $t_k$  - час вільних коливань.

У рівнянні (1) позначимо коефіцієнт перетворення

$$N_1 = \frac{u_0}{U_E \sqrt[3]{U_E}} \left[ \frac{2k_\zeta m_c (v_\Pi \rho_\Pi)^2 D_M D_i^2 \sqrt[3]{D_i \rho_\Pi \omega - 1}}{2K_0 v_c (1 + k_\zeta v_M) k_1 S_\Pi^5 D_\Pi^3 \sqrt[3]{D_\Pi [\sin(\omega t_k)]^2}} \right]. \quad (2)$$

Тоді, приймаючи до уваги, що залежність  $t_1 = f(R)$  є лінійною, з (1) отримуємо:  
- для прямого ходу УЗІ поточне значення часу:

$$t_1 = N_1 R_1, \quad (3)$$

- для зворотного ходу УЗІ поточне значення часу:

$$t_2 = N_1 R_1 + N_2 R_2 = t_1 (1 + N_2 R_2 / N_1 R_1). \quad (4)$$

Так як вимірювальна відстань при прямому та зворотному ході УЗІ є сталою, то  $R_1 = R_2$ .

$$t_2 / t_1 = (1 + N_2 / N_1). \quad (5)$$

Так як параметр  $N_1$  визначається тільки прямим ходом УЗІ, а  $N_2$  - прямим і зворотним його ходом, то отримуємо:

$$\pm \Delta N = N_{10} \left( \frac{t_2}{t_1} - 2 \right), \quad (6)$$

де  $N_{10}$  - номінальне значення параметра.

З рівняння (6) видно, що абсолютна похибка вимірювального контролю рівня запропонованого рівнеміра повністю визначається відношенням часу зворотного та прямого ходу УЗІ. Якщо номінальне (реперне) значення співвідношення часу  $k_{t0} = 2$ , а поточне  $k_t = t_2 / t_1$ , то рівняння (6) приводиться до такої форми:  $\Delta N = N_{10} (k_t - k_{t0})$ . Так як  $N_1 = t_1 / R_1$ , то розклавши цю рівність у ряд Тейлора та обмежившись його лінійною складовою, отримуємо:  $\Delta N = t_1 \Delta R_1$ . Підставивши цей вираз маємо:  $\delta_L = \Delta k_t / (1 \pm \delta_{t1})$ , де  $\delta_L = \Delta L / L$  - відносна похибка вимірювального контролю рівня РС;  $\Delta k_t = k_t - k_{t0} = k_t - 2$  - абсолютна зміна коефіцієнта співвідношення часу зворотного та прямого ходу УЗІ;  $\delta_{t1} = \Delta t_1 / t_1$  - відносна похибка вимірювального контролю часу прямого ходу УЗІ.

Так як реальний коефіцієнт співвідношення часу  $k_t$  визначається при кожному вимірюванні, то він є відомим і запам'ятовується вимірювальною схемою рівнеміра. Враховуючи, що номінальне значення цього коефіцієнта теж є відомим і рівним 2, то розраховується приріст коефіцієнта співвідношення, який обумовлений відхиленням впливових факторів від їх номінальних значень. Рівняння для зміни коефіцієнта співвідношення  $\Delta k_t$  запишемо таким чином:

$$\Delta k_t = k_t - 2 = (\Delta t_2 - 2 \Delta t_1) / t_1 = \Delta t / t_1, \quad (7)$$

З (7) можна визначити час  $\Delta t$ , який потрібно додати до вимірюного часу  $t_1$  (або відняти від нього), щоби зменшити вплив зміни зовнішнього чи внутрішнього фактора:

$$\Delta t = \Delta k_t t_1 = t_2 - 2 t_1. \quad (8)$$

Дослідження УЗР рідинних середовищ з кільцевим рухом електричного сигналу показали, що для підвищення точності вимірювального контролю можна використати принцип зворотного напрямку руху УЗІ в ГС. Так як зворотний УЗІ проходить подвійну відстань в ГС, то при нормованих його параметрах відношення часу, за який УЗІ проходить цю відстань, до часу проходження УЗІ прямого напрямку руху є сталою величиною і не залежить від вимірювального рівня. У цьому випадку коефіцієнт співвідношення часу зворотного та прямого напрямку руху УЗІ дорівнює відношенню відповідної товщини ГС і дорівнює двом. Експериментальні та теоретичні дослідження показали, що коефіцієнт співвідношення часу змінюється

тільки в разі відхилення впливових зовнішніх чи внутрішніх факторів від їх номінальних значень. Таким чином відхилення коефіцієнта співвідношення від його нормованого значення можна використати для формування поправки до результату вимірювального контролю. Реалізація такого принципу формування реперного сигналу є достатньо простою і не вимагає наявності механічних реперних пристроїв. Особливо ефективними є такі рівнеміри при вимірювальному контролі рівня в трубопроводах та ємностях малої висоти.

### ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ТРЕТЬОГО ПОРЯДКУ З ЗАПІЗНЕННЯМ МЕТОДОМ КВАДРАТУР

Проказа О. І., к.т.н., доцент; Ліщенко І.О., Коробков М.В. ст. гр. АТП-11д

*Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля*

Технологічні процеси в хімічній, нафтохімічній, харчовій та інших галузях господарства, як правило, є інерційними та характеризуються такими параметрами як часом чистого запізнення, який у багатьох випадках може бути значним, часом перехідного процесу, аперіодичністю, коливальністю тощо. Всі технологічні процеси забезпечуються інформаційно-вимірювальними системами (ІВС), системами автоматичного регулювання (САР), сигналізації та блокування. Ці системи теж є інерційними, котрі описуються відповідними динамічними характеристиками. У реальних технологічних процесах практично немає статичних режимів, а зміна витрат теплових і матеріальних потоків призводить до появи перехідних процесів вихідних координат ТОКУ, за якими оцінюються якісні показники роботи об'єкта й визначаються налагоджувальні параметри регуляторів САР. Окрім того, технологічні процеси супроводжуються реологічними перетвореннями імпульсу маси, енергії та кількості руху, котрі теж відносяться до інерційних. Таким чином, ТОКУ можуть описуватися диференціальними рівняннями високого порядку, котрі не мають аналітичного розв'язку, або існуючі методи є наближеними і не забезпечують відповідної точності розрахунку перехідних процесів. Суть метода квадратур полягає в тому, що в рівняння ДЧХ складної ІВС чи САР уводиться додатковий поліном, який являє собою різницю поліномів знаменника та чисельника ДЧХ. Нехай передавальна функція ІВК чи САР описується наступним диференціальним рівнянням високого порядку:

$$\begin{aligned} \tau_n^n \frac{d^n y}{dt^n} + \tau_{n-1}^{n-1} \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \dots + \tau_i^i \frac{d^i y}{dt^i} + \dots + \tau_3^3 \frac{d^3 y}{dt^3} + \tau_2^2 \frac{d^2 y}{dt^2} + \tau_1 \frac{dy}{dt} + y = \\ = k \left( \xi_m^m \frac{d^m x}{dt^m} + \dots + \xi_\zeta^\zeta \frac{d^\zeta x}{dt^\zeta} + \dots + \xi_2^2 \frac{d^2 x}{dt^2} + \xi_1 \frac{dx}{dt} + x \right), \end{aligned} \quad (1)$$

де  $\tau_n, \xi_m$  - сталі часу перехідного процесу;  $n=0, 1, 2, \dots, i, m=0, 1, 2, \dots, \zeta$ .  $y$  – вихідна координата ІВК чи САР;  $x$  – вхідна координата;  $t$  – час перехідного процесу;  $k$  – коефіцієнт передачі системи.

Передавальна функція таких систем має вигляд:  $W(s) = Y(s)/X(s)$ , де  $Y(s), X(s)$  - вихідна та вхідна координати ТОКУ перетворені за Лапласом;  $s$  – оператор Лапласа. У частотній області при  $k=1$  маємо:

$$W(j\omega) = \frac{Y(j\omega)}{X(j\omega)} = \text{Re}(\omega) - j \text{Im}(\omega) = \frac{C(\omega)}{B(\omega)} - j \frac{D(\omega)}{B(\omega)}, \quad (2)$$

де  $\text{Re}(\omega), \text{Im}(\omega)$  - ДЧХ та УЧХ відповідно;  $\omega$  - кутова частота;  $C(\omega), B(\omega), i D(\omega)$  - поліноми.

Згідно з методом квадратур ДЧХ записуємо таким чином:



$$\operatorname{Re}(\omega) = \frac{C(\omega)}{B(\omega)} = \frac{B(\omega) - K(\omega)}{B(\omega)} = 1 - \frac{K(\omega)}{B(\omega)}, \quad (3)$$

де  $K(\omega) = B(\omega) - C(\omega)$  - доповнюючий поліном.

Як показали дослідження, поліном  $K(\omega)$  завжди має спільний множник  $\omega^2$ . Тобто його можна записати таким чином:  $K(\omega) = \omega^2 N_2(\omega)$ , де  $N_2(\omega)$  - поліном з вільним членом. Таким чином, рівняння (3) приймає наступну форму:

$$\operatorname{Re}(\omega) = 1 - \omega^2 N_2(\omega). \quad (4)$$

Якщо ІВС чи САР описується диференціальним рівнянням другого порядку  $\tau_2^2 \frac{d^2 y}{dt^2} + \tau_1 \frac{dy}{dt} + y = kx$ , де  $\tau_1, \tau_2$  - сталі часу, то при  $k=1$   $\operatorname{Re}(\omega) = 1 - \omega^2 \tau_2^2$ . Порівнюючи це рівняння з (3) бачимо, що для систем другого порядку  $N_2(\omega) = \tau_2^2$ . З рівняння (3) видно, що при  $\operatorname{Re}(\omega_{\Pi}) = 0$   $N_2(\omega_{\Pi}) = 1/\omega_{\Pi}^2$ , а для системи другого порядку  $N_2(\omega_{\Pi}) = \tau_2^2 = 1/\omega_{\Pi}^2$ , де  $\omega_{\Pi}$  - частота переходу ДЧХ через частотну вісь. Таким чином, для системи другого порядку стала часу  $\tau_2 = 1/\omega_{\Pi}$ . З цього можна зробити висновок, що коефіцієнт передачі  $k$  впливає тільки на амплітуду ДЧХ при  $\omega=0$  і не впливає на положення частоти переходу  $\omega_{\Pi}$ . Так як для поліному  $N_2(\omega)$  вільним членом є  $\tau_2^2$ , то можна записати наступну рівність:  $N_2(\omega) = H_{2k}^k(\omega) + \tau_2^2$ . Якщо площа під кривою функції  $H_{2k}^k(\omega)$  є незначною (по відношенню до площі під кривою  $\operatorname{Re}(\omega) = f(\omega)$ ), то складовою  $H_{2k}^k(\omega)$  можна знехтувати і систему ідентифікувати рівнянням другого порядку. Тоді подальша робота полягає у визначенні сталої часу  $\tau_1$ . Для цього можна скористатися УЧХ. Так як УЧХ САР за каналом регулювання завжди має спільним множником частоту  $\omega$ , то рівняння (2) запишемо таким чином:  $\operatorname{Im}(\omega) = D(\omega)/B(\omega) = \omega N_1(\omega)$ . Для системи другого порядку маємо:  $\operatorname{Im}(\omega) = \omega \tau_1$  або  $\tau_1 = \operatorname{Im}(\omega)/\omega$ . Для такої системи рівняння для множника  $N_1(\omega)$  має вигляд:  $N_1(\omega) = \tau_1 / \left[ (1 - \omega^2 \tau_2^2)^2 + (\omega \tau_1)^2 \right]$ . Для визначеної вище частоти переходу  $\omega_{\Pi}$  отримуємо:  $N_1(\omega_{\Pi}) = 1/\omega_{\Pi}^2 \tau_1$  звідки стала часу  $\tau_1 = 1/\omega_{\Pi}^2 N_1(\omega_{\Pi})$ . Як показують дослідження, всі криві ДЧХ незалежно від сталої часу  $\tau_1$  проходять через наступні дві точки: при  $\operatorname{Re}(0) = 1$  і  $\operatorname{Re}(\omega_{\Pi}) = 0$ . Для визначення сталої часу  $\tau_1$  пропонується наступним алгоритм:

1. Описується ІВС чи САР у формі диференціального рівняння високого порядку і визначаються сталі часу перехідного процесу.

2. Визначається передавальна функція ІВС чи САР, ДЧХ і УЧХ та розраховуються графіки:  $\operatorname{Re}(\omega) = f(\omega)$  і  $\operatorname{Im}(\omega) = f(\omega)$ .

3. За ДЧХ визначається частота переходу  $\omega_{\Pi}$ , за якою знаходиться стала часу ідентифікованої системи  $\tau_{2l} = 1/\omega_{\Pi}$ .

4. За формулою для УЧХ знаходиться поліном  $N_1(\omega)$  та його значення при частоті переходу  $\omega_{\Pi}$ .

5. За формулою  $\tau_{1l} = 1/\omega_{\Pi}^2 N_1(\omega_{\Pi})$  визначається стала часу ідентифікованої системи.

6. Записується диференціальне рівняння ідентифікованої ІВС і САР у наступній формі:  $\tau_{2t}^2 \frac{d^2 y}{dt^2} + \tau_{1t} \frac{dy}{dt} + y = kx$ .

7. Визначається відношення  $\tau_{1t} / \tau_{2t}$  і за відповідними формулами розраховуються перехідні процеси.

Крива перехідного процесу об'єкта другого порядку в загальному випадку має форму, показану на рис. 1.

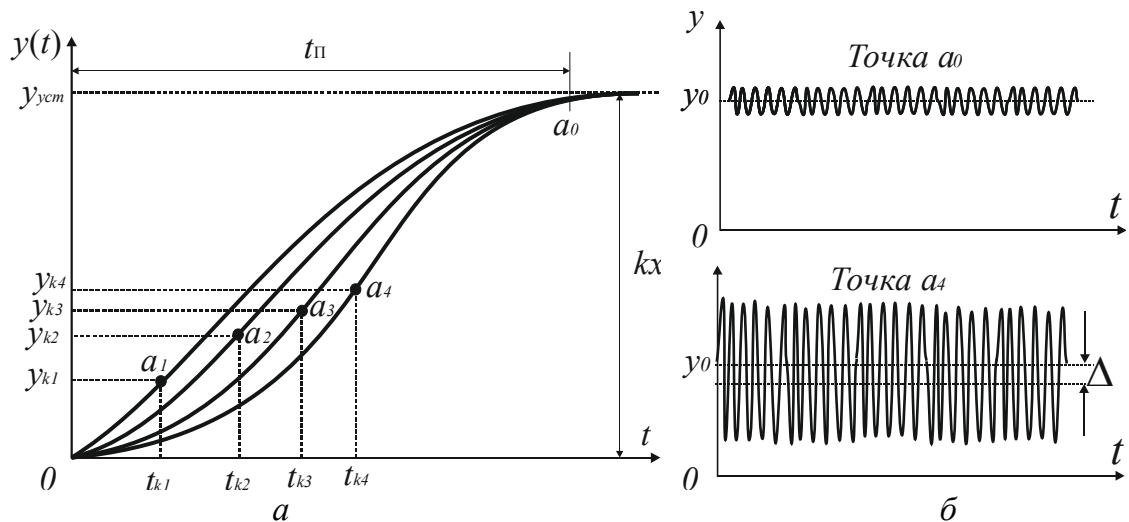


Рис. 1. Графіки перехідних процесів ІВС і САР (а) і трендові криві при зміні максимальної швидкості руху вимірювальної координати (б)

Характерним для перехідного процесу об'єкта другого порядку є наявність на її кривій точок «а», у котрих швидкість руху вихідного сигналу є максимальною.

## ВИСОКОТОЧНИЙ ТЕРМОМАГНІТНИЙ ГАЗОАНАЛІЗАТОР

Кхалет Аквіре АВН, асп.

Науковий керівник: к.т.н., доц. Целіщев О.Б.

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля

Технологічний інститут

Оптимальне ведення технологічних процесів, економічне використання сировини й енергоресурсів, якості виробленої продукції в багатьох випадках залежать від компонентного складу газових сумішей (у тому числі і від змісту кисню). Аналіз газових сумішей необхідний у багатьох випадках хімічній, металургійній, нафтопереробній і іншій областях промисловості, а також у медицині, космічних дослідженнях і т.д. Основні вимоги, що висувуються до засобів вимірювання, є експресність і точність вимірювання, а також автоматизація процесу вимірювання і вірогідність вимірювальної інформації. Фізико-хімічні методи в багатьох випадках не задовольняють таким вимогам, тому останнім часом широке поширення знаходять методи автоматичного контролю складу газових сумішей. [1]

Найбільш ефективними приладами для визначення концентрації кисню в газових сумішах є магнітні газоаналізатори. В основу їх роботи покладено парамагнітні

властивості кисню, що у даного газу більш ніж на порядок вище, ніж у всіх інших газів (відносна магнітна сприйнятливості кисню – 1.0; повітря – 0.21; двоокису азоту – 0.0616; окису азоту (1) – 0.02; ацетилену – 0.0068 і т.д.). Наслідком цього є той факт, що магнітні засоби вимірювання мають високу чутливість до зміни концентрації кисню в газовій суміші.

З усіх відомих магнітних приладів термомагнітні газоаналізатори характеризуються високою надійністю, простотою конструкції, відсутністю оптичних елементів і частин, що механічно переміщуються. Вони прості в експлуатації і не вимагають складного технічного обслуговування. Не дивлячись на всі переваги, термомагнітні газоаналізатори мають істотні недоліки: статична характеристика приладу нелінійна, що унеможливорює вимірювання концентрації кисню від 0 до 100%, використовуючи один термомагнітний газоаналізатор; крім того, показання приладу істотно залежать від властивостей і складу неокисневої частини аналізованої газової суміші, за рахунок чого статичні характеристики цих приладів для різних газових сумішей суттєво різняться між собою. [2]

Для вирішення різного роду практичних задач, що пов'язано з визначенням концентрації кисню в аналізованій газовій суміші, необхідно визначити діапазон зміни концентрації кисню, склад неокисневої частини суміші і вибрати модель термомагнітного газоаналізатора, в якій на даній ділянці залежність вихідного сигналу від концентрації лінійна. З іншої сторони при виготовленні приладів виникає ряд складностей, зв'язаних з настроюванням і перевіркою приладів, оскільки кожен прилад вимагає використання своєї методики і спеціальних перевірочних сумішей, склад яких залежить від робочого діапазону приладу і складу невимірюваної частини газової суміші. Усе перераховане вище значним чином ускладнює процес вибору приладу, його виготовлення, настроювання і перевірку, роблячи ці операції трудомісткими і дорогими.

Мета роботи – розробка високоточного ТМГ шляхом уніфікації його технологічних параметрів, що дозволить розширити діапазон вимірювання концентрації кисню від 0 до 100 % в аналізованій газовій суміші, збільшити чутливість і виключити вплив властивостей і зміни складу неокисневої частини газової суміші на покази приладу.

Схематично високоточний ТМГ з покращеними характеристиками наведено на рис. 1.

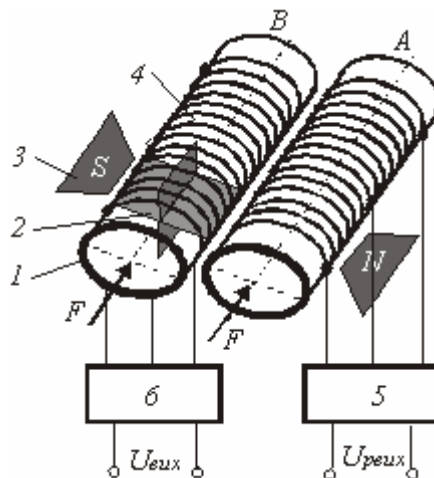


Рис.1. Високоточний ТМГ з двома ТА

Конструктивно він складається з двох термоанемометрів 1 (ТА) А та В, що встановлено між системи постійних магнітів 3, хрестоподібною перегородки, що

встановлено в зоні максимального термомагнітного поля ТА А. Вихідна напруга електричних мостів 5 та 6 є мірою концентрації кисню в АГС. В зоні максимального ТМП виникає “ротаторний” ефект, який обумовлено неокисневою частиною АГС.

Статичні характеристики вимірювальних каналів термомагнітного газоаналізатора з повною кінетичною дією молекул кисню (без перегородки) та зі зменшеною кінетичною дією молекул кисню (з перегородкою) наведено на рис. 2 (криві 1 та 2 відповідно).

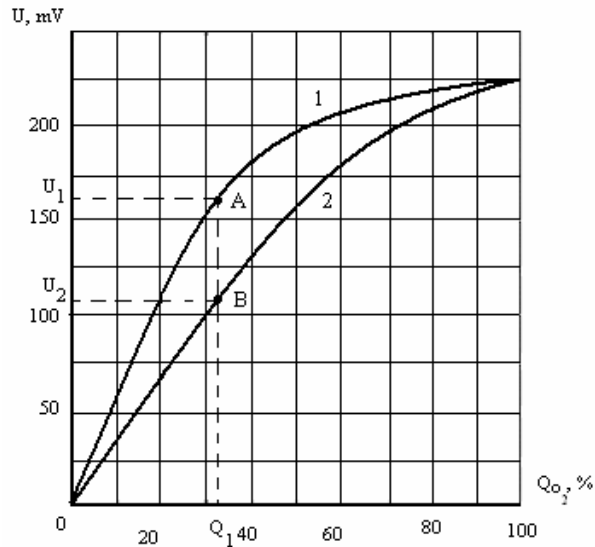


Рис. 2. Статичні характеристики вимірювальних каналів ТМГ

Якщо в аналізованій газовій суміші з’являється кисень з концентрацією  $Q_1$ , то вихідний сигнал мостової вимірювальної схеми, де чутливим елементом є термоанемометр з повною кінетичною дією молекул кисню (без перегородки), буде дорівнювати  $U_1$  (точка А на кривій 1), а вихідний сигнал мостової вимірювальної схеми, де чутливим елементом є термоанемометр з перегородкою, -  $U_2$  (точка В на кривій 2). Різниця між двома напругами  $U_1$  та  $U_2$  дорівнює величині, на яку зменшено “ротаторний” ефект. [3]

Статична характеристика термомагнітного газоаналізатора з повною кінетичною дією молекул кисню (без перегородки) достатньо точно описується рівнянням вигляду [4]

$$U_1(Q) = U_0 a Q (1 + b(1 - Q)^2), \quad (1)$$

де  $Q$  - концентрація кисню в аналізованій газовій суміші;

$a$  - параметр моделі, який враховує вплив температури, тиску, напруги живлення, напруженості магнітного поля;

$b$  - параметр моделі, який залежить від природи невимірюваного компонента.

Основною причиною виникнення нелінійності статичної характеристики термомагнітного газоаналізатора є “ротаторний” ефект. [2] При використанні ламінеризуючих перегородок для зменшення “ротаторного” ефекту вигляд статичної характеристики суттєво змінюється (крива 2), а рівняння статичної характеристики набуває вигляду

$$U_2(Q) = U_0 a Q. \quad (2)$$

З (2) визначимо коефіцієнт  $a$  та підставимо в (1)

$$U_1(Q) = U_0 Q \frac{U_2(Q)}{U_0 Q} (1 + b(1 - Q)^2) = U_2(Q) (1 + b(1 - Q)^2). \quad (3)$$

З рівняння (3) знайдемо концентрацію кисню в газовій суміші  $Q$ . Фактично це цифрове значення буде не чим іншим, як показом приладу  $P$ . Після відповідних перетворень отримуємо рівняння вигляду

$$P = 1 - \sqrt{\frac{U_1(Q) - U_2(Q)}{bU_2(Q)}}. \quad (4)$$

Дане перетворення може відбуватися в проміжному перетворювачі.

За рахунок того, що з вихідної напруги першої мостової схеми  $U_1(Q)$  відіймається вихідна напруга другої вимірювальної мостової схеми  $U_2(Q)$  і ця різниця ділиться на добуток  $bU_2(Q)$ , а результат піднесено до ступені  $1/2$ , статична характеристика стає абсолютно лінійна, повністю виключається вплив зміни температури аналізованої суміші на вході приладу (зміни температури навколишнього середовища), барометричного тиску, напруги живлення. Значення коефіцієнта  $b$  можуть бути розраховані теоретично або практично. При роботі приладу зміна значень коефіцієнта  $b$  може відбуватися переключенням відповідних кнопок, в залежності від складу невимірюваної частини аналізованої газової суміші, або за допомогою задатчика, вихідний сигнал якого плавно може бути змінено у деяких межах. Отриманні таким чином статичні характеристики (залежність показів приладу від концентрації кисню в аналізованій газовій суміші) приладу мають бути абсолютно лінійними для усіх газових сумішей і співпадають. Тобто запропонований прилад можна використати на всьому діапазоні вимірювань від 0 до 100% кисню в аналізованій газовій суміші для сумішей різного складу.

**Висновки.** В роботі запропоновано високоточний ТМГ, в якому за рахунок використання двоканальної вимірювальної схеми можна провести компенсацію “роторного ефекту”. Це дозволяє розробити ТМГ, показання якого не залежать від зміни таких основних параметрів як напруга живлення, напруженість магнітного поля, зміна атмосферного тиску, теплофізичних параметрів АГС, а також від зміни температури навколишнього середовища.

#### Література

1. Амманозанов А.А. Методы и приборы для определения кислорода (газовый анализ) / А.А.Амманозанов, А.И.Шарнопольский: Справочник. М.: Химия, 1988. 144 с.: ил.
2. Стенцель Й.І. Теплофізичні моделі перетворень в термомагнітному полі / Й.І.Стенцель, О.Б.Целіщев, П.Й.Єлисеєв // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2003. - №1. С. 26-29
3. Стенцель Й. И. Пути уменьшения погрешностей термомагнитных газоанализаторов: Дис. канд. техн. наук: 05. 11. 13. – Львов, 1973. - 130 с.
4. Целіщев О.Б. Математична модель термомагнітного газоаналізатора / О.Б.Целіщев // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2003. - №2. С. 69-72.

### ЗАРЯДНИЙ ПРИСТРІЙ З ДИСКРЕТНОЮ УСТАНОВКОЮ СТРУМУ

Калініна Г.В.ст.гр РЕА-10дм

Науковий керівник проф.Смолій В.Н.

*Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля*

*Технологічний інститут*

Метою доповіді є розгляд конструкції зарядного пристрою дискретною установкою струму. Схема електрична принципова зарядного пристрою реалізована на ІМС КР142ЕН19. Обґрунтування вибору елементів наведено в підрозділ.

Був виконаний розрахунок параметрів друкованого монтажу, надійності блоку та щільності друкованого монтажу, для цього були використані відповідні формули.

Особлива увага була приділена розробці технології виготовлення блоку: проведений аналіз і вибір методів виготовлення друкованої плати, встановлення елементів на плату, створення електричних з'єднань. При проектуванні друкованої плати і випуску конструкторської документації широко використовувалися можливості САПР ACCEL EDA (PCAD), КОМПАС-3D LT і AutoCAD2009

Розглянуті заходи, щодо охорони праці при виготовленні, обслуговуванні та ремонті зарядного пристрою.

Таким чином, у процесі проектування було розроблено пристрій зарядний з дискретною установкою струму, проведені всі необхідні розрахунки, на основі яких можна зробити висновок про доцільність введення виробу у виробництво.

### **РЕГУЛЯТОР С ПРЕДСКАЗАНИЕМ**

Ельникова Ю.В. ст.гр. РЭА-11д

Научный руководитель доц. Самойлова Ж.Г.

*Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля  
Технологический институт*

Целью работы является разработка регулятора для вычисления сигнала управления, который оптимизирует поведение объекта на заданном интервале времени.

В настоящее время нейронные сети нашли успешное применение для проектирования систем управления динамическими процессами. Универсальные возможности аппроксимации с помощью многослойного персептрона делают их полезным инструментом для решения задач идентификации, проектирования и моделирования нелинейных регуляторов.

Регулятор с предсказанием использует модель управляемого процесса в виде нейронной сети, для того чтобы предсказать будущие реакции процесса на случайные сигналы управления. Алгоритм оптимизации вычисляет управляющие сигналы, которые минимизируют разность между желаемыми и действительными изменениями сигнала на выходе модели и таким образом оптимизируют управляемый процесс. Построение модели управляемого процесса выполняется автономно с использованием нейронной сети, которая обучается в групповом режиме с использованием одного из алгоритмов обучения. Контроллер, реализующий такой регулятор, требует значительного объема вычислений, поскольку для расчета оптимального закона управления оптимизация выполняется на каждом такте управления.

Разработанный регулятор, реализованный в ПП Neural Network Toolbox, использует модель нелинейного управляемого процесса в виде нейронной сети для того, чтобы предсказать его будущее поведение. Кроме того, регулятор вычисляет сигнал управления, который оптимизирует поведение объекта на заданном интервале времени. Схема подсистемы идентификации включает модель управляемого процесса в виде нейронной сети. Нейронная сеть регулятора управляемого процесса имеет два слоя и использует линии задержки, для запоминания предшествующих значений входов и выходов процесса с целью предсказания будущих значений выхода. Настройка параметров выполняется автономно методом группового обучения, используя данные, полученные при испытаниях реального объекта.

При управлении с предсказанием модель управляемого процесса используется для того, чтобы предсказать его будущее поведение, а алгоритм оптимизации

применяется для расчета такого управления, которое минимизирует разность между желаемыми и действительными изменениями выхода модели. Управление с предсказанием использует принцип удаляющегося горизонта, когда нейросетевая модель управляемого процесса предсказывает реакцию объекта управления на определенном интервале времени в будущем.

В качестве примера для реализации регулятора с предсказанием исследуется процесс управления каталитическим реактором с непрерывным перемешиванием. Процедура идентификации позволяет построить нейронную сеть для моделирования динамики управляемого процесса.

Регулятор с предсказанием, реализованный в виде нейронной сети, можно использовать для управления каталитическим реактором с непрерывными перемешиванием.

## **МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПАМЯТЬ – MeRAM**

Бондаренко А.С. ст.гр. РЭА-12д

Научный руководитель доц. Иванов А.Н.

*Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля*

*Технологический институт*

Целью данной работы является изучение способа создания памяти, основанной на управлении электрическими полями - MeRAM.

В современной вычислительной технике данные кодируются при помощи электрического тока, протекающего через элементы электронных цифровых схем. Такой подход является главным фактором, ограничивающим дальнейшее увеличение производительности электронных устройств, и определяющим достаточно высокий уровень потребления ими энергии. Но существует еще один метод кодирования данных, в котором используется электрическое поле, воздействующее на магнитные компоненты через слой изолятора. Такое воздействие производится без протекания электрического тока и это все происходит намного быстрее, без существенных затрат энергии, и при помощи таких технологий можно будет создавать вычислительные системы, практически не требующие времени для их загрузки. По сравнению с хорошо известной MRAM (магниторезистивная память) экспериментальные образцы MeRAM позволят решить проблему емкости памяти, а заодно и электропотребления.

Как известно, широко применяемые сегодня типы оперативной памяти теряют всю имеющуюся в них информацию при отключении от питания. Попытки обойти данное ограничение в виде энергонезависимой памяти недостаточно эффективны. Соответственно, выпускаемая в настоящий момент MRAM - память имеет ряд серьезных недостатков. Прежде всего, это недостаточная плотность записи информации, по причине используемой STT-технологии. Последняя задействует для хранения информации энергию вращения и силу заряда электронов, которые по определению не могут находиться близко друг к другу, создавая огромные (по меркам наномира) пустые пространства[1].

Основой нового устройства памяти является феррит висмута, материал, обладающий уникальным набором свойств. Этот материал является магнитным материалом, имеющим свое собственное магнитное поле. Также он является сегнетоэлектриком, т.е. поляризация его магнитного поля может быть "переключена" при помощи воздействия электрического поля. Вышеупомянутая комбинация свойств феррита висмута делает его материалом из семейства мультиферроиков, исследования которых ведутся достаточно интенсивно в течение последнего десятилетия. В настоящее время разработана технология изготовления

тонкопленочных мультиферроиков на базе феррита висмута, подходящая для условий массового производства и делающая этот материал подходящим для использования в электронной промышленности[2].

Большая часть мультиферроиков может использоваться в качестве основы для создания устройств энергонезависимой памяти и программируемых матриц логических элементов, имеющих достаточно простую структуру. Однако, во время всех предыдущих исследований мультиферроики надежно работали лишь при сверхнизких температурах порядка 3-4 градусов по шкале Кельвина. Ключом к использованию феррита висмута стали исследования, которые позволили ученым в тонкостях разобраться в динамике переключения магнитных свойств этого материала. Ученые выяснили, что существуют два метода переключения, один метод работает за один шаг, а второй метод переключает магнитные свойства материала за два шага. Ранее ученые использовали только первый метод, который не обеспечивает стабильного результата. Именно поэтому были сделаны выводы о невозможности практического использования материалов-мультиферроиков. Новый же двухэтапный метод, обеспечивающий надежное переключение материала, прост в реализации и оптимален с технологической точки зрения[3].

Чтобы минимизировать влияние ограничивающих факторов, в рамках STT-технологии исследователи из Калифорнийского Университета, возглавляемые проф. Кангом Л. Ваном, для записи бита заменили электрический ток напряжением. Это обстоятельство способствует тому, что микросхемы памяти потенциально рассеивают намного меньше тепла, становясь при этом до 1000 раз более энергоэффективными[4].

В данный момент ученым удалось создать только одну ячейку энергонезависимой магнитоэлектрической памяти, а для создания массивов компьютерной памяти потребуются матрицы из миллиардов подобных устройств. Кроме этого, потребуется найти метод увеличения длительности хранения информации в памяти нового типа. Но все, чего удалось достигнуть в настоящее время, указывает на то, что в ближайшие годы мы получим новый тип памяти, который будет конкурентоспособным на рынке и в разы увеличит быстродействие вычислительной техники.

Используемые источники:

- [1] <http://internetua.com/MeRAM---bolee-effektivnii-tip-energonezavisimoi-pamyati>
- [2] <http://tehnovar.ru/>
- [3] <http://www.dailytechinfo.org/electronics/6577-novyy-tip-magnitoelektricheskoy-pamyati-pozvolit-sozdat-mgnovenno-zagruzhayushiesya-kompyutery.html>
- [4] <http://savchenko.su/news/uchenymi-sintezirovana-magnitoelektricheskaya-operativnaya-pamyat-s-nizkim-energopotrebleniem>

## **РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ДАТЧИКА РІВНЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ УСТАНОВКИ ФОТОАВТОКАТАЛІТИЧНОЇ КОНВЕРСІЇ**

Шаповалов Д. Д., ст. гр. РЕА-10дм

науковий керівник доц. Лорія М. Г.

*Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля  
Технологічний інститут*

Метою даної роботи є розробка та дослідження рівнеміра рідини, яка буде проведена для удосконалення контрольно-вимірювальних приладів, а також для подальшого впровадження рівнеміра у систему контролю технологічним процесом у лабораторних умовах, а саме - фотоавтокаталітичною конверсією метану у метанол



[1]. Контрольно-вимірювальні прилади можливо зустріти в багатьох АСУ ТП. Але без їх удосконалення неможливо було б покращити управління технологічними процесами у хімічній промисловості без безпосередньої участі людини. При розробці контрольно-вимірювального приладу велику увагу потрібно виділити на розробку конструкції виробу, розробку технології виготовлення виробу, а також на точність вимірів [2], [3].

Нині на підприємствах використовується безліч різних контрольно-вимірювальних приладів, подібних тому, що буде досліджуватися і розроблятися. Це прилади для вимірювання або контролю рівня рідин у резервуарах, технологічних апаратах хімічних підприємств. Вони обладнані шкалами, що градуюються у см, дм, м або РКІ, на якому відображається рівень. При необхідності підтримання рівня рідини на заданій висоті, прилади показують величину відхилення від нормального положення.

По суті, ультразвуковий рівнемір, що розробляється, можна віднести до нижнього рівня цифрової системи контролю і керування обладнанням у хімічній промисловості (і не тільки). Цифрові системи контролю і керування обладнанням призначені для:

- виконання функцій захисту і блокування;
- автоматизованого і дистанційного керування;
- технологічної сигналізації й авторегулювання

Із використанням даного приладу вирішується задача автоматизації управління і керування технологічними процесами; у наслідок чого знижується вплив так званого людського фактору, у свою чергу це дозволяє підвищити якість випущеної продукції й підвищити оптимізацію у витратах сировини. Також використання рівнемірів дозволяє знизити вимоги до досвіду персоналу і його кваліфікації.

При розробці пристрою, повинні бути враховані наступні вимоги:

- конструкція пристрою повинна бути простою, але невеликих габаритів;
- розроблюваний пристрій повинен бути захищеним від впливу зовнішніх факторів;
- повинен бути передбачений зв'язок розроблюваного пристрою з рядом інших пристроїв;
- контрольно-вимірювальний пристрій повинен забезпечувати світлову індикацію.

Як правило, друкована плата є основним несучим елементом конструкції, на якому розміщається більшість радіодеталей і функціональних вузлів. Тому найчастіше друкована плата із установленими на ній радіодеталями й визначає розміри корпусу всього пристрою.

Розроблювальний пристрій призначений по своїй суті для використання у лабораторіях, тобто більшу частину часу пристрій знаходиться біля ємностей із рідинами. Тому корпус пристрою повинен виконувати захист електронної частини пристрою від зовнішніх впливів і мати пожежобезпечні властивості матеріалу корпусу, робимо компонування пристрою, варіант якого представлений на рисунку 1. Ультразвуковий рівнемір фіксується в резервуарі або агрегаті для виміру рідини, де є призначений для цього отвір. Така необхідність розміщення цього індикатора викликана тим, що користувач може вимірювати рівень агресивних рідин на відстані, щоб не нанести шкоду організму.

Цифрова індикація повинна слідкувати за динамікою зміни рівня рідкого середовища. Органи керування повинні задавати режим роботи приладу [4].

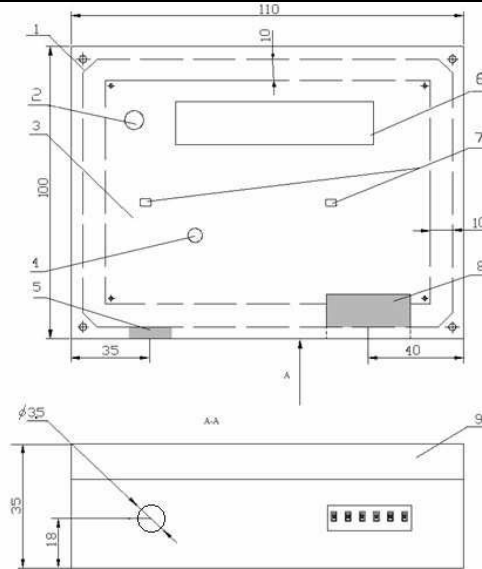


Рисунок 1 – Зовнішній вигляд пристрою

1 – Основа корпуса разом із бічними стінками; 2 – Отвір для світлодіода; 3 – Друкована плата з радіоелементами; 4 – Отвір для налаштування чутливості пристрою; 5 – Отвір для проводу ультразвукового датчика; 6 – Отвір для РКІ; 7 – Отвори для управління рівнеміром; 8 – Роз'єм для живлення пристрою; 9 – Верхня кришка.

Розробка та дослідження рівнеміра рідини буде проведена з метою удосконалення контрольно-вимірювальних приладів, а також з метою подальшого впровадження рівнеміра у систему контролю технологічним процесом у лабораторних умовах, а саме - фотоавтокаталітичною конверсією метану у метанол.

#### Література

1. Каленкович, Н. И. Механические воздействия и защита радиоэлектронных средств: учеб. пособие для вузов / Н. И. Каленкович, Е. П. Фастовец, Ю. В. Шамгин, – М.: Высш. шк., 1989. – 244 с.
2. Кофанов, Ю. Н. Автоматизация проектирования РЭС. Топологическое проектирование печатных плат: учеб. пособие / Ю. Н. Кофанов, А. В. Сарафанов, С. И. Трегубов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 2001. – 220 с.
3. Билибин К. И. Конструкторское проектирование электронной аппаратуры: учеб. для вузов / К. И. Билибин, А. И. Власов, Л. В. Журавлев и др.; ред. В. А. Шахнов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2005. – 568 с.
4. Кукса А. Ультразвуковой измеритель уровня жидкости / А. Кукса, В. Снигур, М.: Радио. Массовый ежемесячный научно-технический журнал, 2012, № 6. 40 - 43 с.
5. Н. И. Каленкович, Е. П. Фастовец, Ю. В. Шамгин, – М.: Высш. шк., 1989. – 244 с.

### МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ МАГНІТНОГО ПОЛЯ В СИСТЕМІ ДАТЧИКА КОНТРОЛЮ ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ МЕТАЛУ ОСІ РУХОМОГО СОСТАВУ

Лівцов Ю.В., Безкоровайний В.С., Яковенко В.В., проф., д.т.н.

*Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля*

*Технологічний інститут*

Метою роботи є розробка математичної моделі для неруйнівного методу контролю товщини та ступені зміцнення поверхневого шару осі рухомого составу.

Основою теоретичних досліджень є математична модель магнітної системи датчика й поля в обсязі контрольованого металу. Основою математичної моделі є інтегральне рівняння, чисельне рішення якого дає можливість визначити параметри магнітного поля як усередині контрольованого металу, так і на поверхні контрольованої деталі. Розрахунок поля є можливість робити при різних режимах намагнічування й розмагнічування ділянки деталі під П - подібним сердечником. Об'єм металу на який впливає магнітне поле датчика має два шари: верхній зміцнений тонкий шар (3-6мм) і нескінченно протяжний шар необроблюваного феромагнітного металу (серцевина деталі).

Таким чином, можна сказати, що математична модель ілюструє процеси, що відбуваються в магнітній системі сердечник датчика - деталь і дає можливість оцінити вплив мікротвердості й товщини верхнього зміцненого шару на магнітну індукцію, усередині об'єму деталі й напруженість поля розсіювання на поверхні деталі. На основі цього реалізується пропонований спосіб контролю якості зміцнення.

Метою математичного моделювання є створення методу розрахунку напруженості й індукції в сердечнику пристрою, що намагнічує, дають можливість непрямым образом установити твердість і товщину зміцненого шару металу на поверхні осі. Для цього вважається що П - подібним сердечник установлюється на поверхні осі, в обмотку котушки подається струм, величина й напрямок якого міняється, що дає можливість побудувати петлю гістерезису магнітного матеріалу при різних значеннях товщини й твердості зміцненого шару за значеннями індукції й напруженості магнітного поля в сердечнику перетворювача.

Математична модель складається із трьох частин. У першій частині шляхом спрощеного розрахунку визначається потік і намагніченість у сердечнику перетворювача, що дає можливість у першій наближенні одержати дані про режим намагнічування при заданому струмі в обмотці.

На підставі другої частини моделі проводиться чисельний розрахунок поля вектора намагніченості в П - подібному сердечнику, у зміцненому шарі металу та у сердечнику осі, визначається коефіцієнт розмагнічування кожного елементарного об'єкта площадки, шляхом чисельного рішення нелінійного векторного інтегрального рівняння.

Третя частина моделі дозволяє здійснювати розрахунок індукції й напруженості магнітного поля у сердечнику магнітопроводу вимірювального перетворювача при циклічній, східчастій зміні струму в його обмотці й поле розсіювання, створюване намагніченою ділянкою осі.

При побудові моделі робляться наступні допущення: магнітний матеріал осі вважається ізотропним; процес визначення характеристик вважається статичним, тобто не враховується магнітна в'язкість матеріалу і дія вихрових струмів.

Оскільки процедура розрахунку поля повинна проводитися неодноразово, математична модель повинна бути досить простою і забезпечувати достатню точність розрахунку. Основою математичної моделі тривимірного поля є просторові інтегральні векторні рівняння:

$$\bar{H}(Q) = \frac{1}{4\pi} \left( \int_{S_p} \frac{(\bar{M} \cdot \bar{n}) \cdot \bar{r}_{pQ}}{r_{pQ}^3} dS_p - \int_{V_p} \frac{\text{div} \bar{M} \cdot \bar{r}_{pQ}}{r_{pQ}^3} dV_p \right) + \bar{H}_{CT}(\theta) \quad (1)$$

де Q – точка спостереження

P, Q – точки джерела й спостереження;

$\bar{H}(Q)$  – напруженість магнітного поля усередині металу;

$\bar{H}_{CT}(Q)$  – напруженість поля, що намагнічує;

$\bar{M}$  – вектор намагніченості;

$\bar{M}$  – нормаль до поверхні феромагнітного матеріалу

При розбиванні області намагнічування на елементарні об'єкти (ЕО), інтегральне рівняння (1) редукується до системи алгебраїчних рівнянь:

$$\bar{H}_i = \frac{1}{4\pi} \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^6 (\bar{M}_j \cdot \bar{n}_{jk}) \int_{S_{kj}} \frac{\bar{r}_{ij}}{r_{ij}^3} dS_{pj} + \bar{H}_{CTi} \quad (2)$$

де  $i, j$  – точки спостереження й джерела;

$N$  – число ЕО.

У якості ЕО береться паралелепіпед.

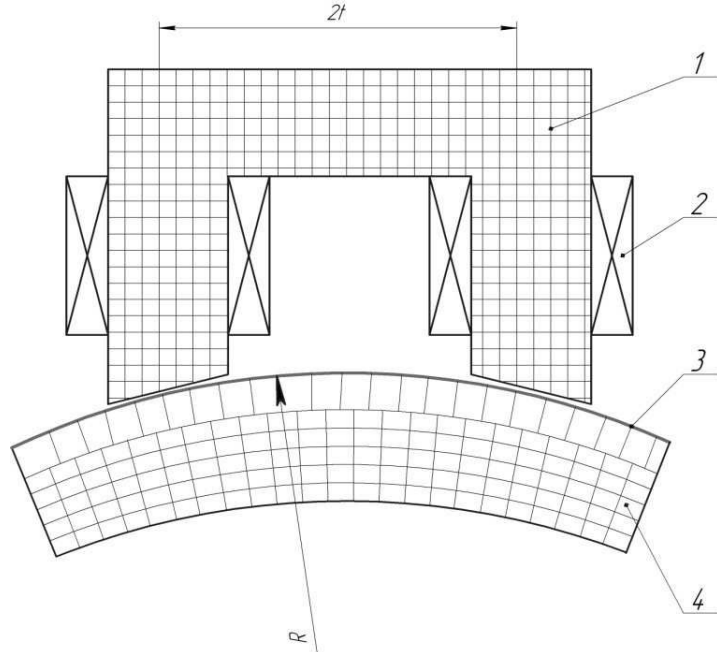


Рис. 1. Розбивання області рішення системи рівнянь на ЕО.

1 - сердечник; 2 - котушки; 3 - зміцнений шар; 4 - не зміцнений метал.

На рис.1 показана розбивка області рішення системи рівнянь (2) на елементарні області (ЕО). Зміцнений шар металу 3 має магнітні характеристики відмінні від характеристик металу всієї осі.

Система алгебраїчних рівнянь (2) у розгорнутому виді записується так:

$$\begin{aligned} H_{xi} &= \sum_{j=1}^N C_{xx} M_{xj} + \sum_{j=1}^N C_{xy} M_{yj} + \sum_{j=1}^N C_{xz} M_{zj} + H_{cmxi}; \\ H_{yi} &= \sum_{j=1}^N C_{yx} M_{xj} + \sum_{j=1}^N C_{yy} M_{yj} + \sum_{j=1}^N C_{yz} M_{zj} + H_{cm yi}; \\ H_{zi} &= \sum_{j=1}^N C_{zx} M_{xj} + \sum_{j=1}^N C_{zy} M_{yj} + \sum_{j=1}^N C_{zz} M_{zj} + H_{cm zi}, \end{aligned} \quad (3)$$

тут:  $i, j$  – точки спостереження й джерела,  $N$  – число ЕО.

Оскільки П - подібний електромагніт перебуває над феромагнітним металом, то для розрахунку магнітного потоку в магнітопроводі можна використовувати метод дзеркальних зображень, а саме метод Сірле (рис. 2).

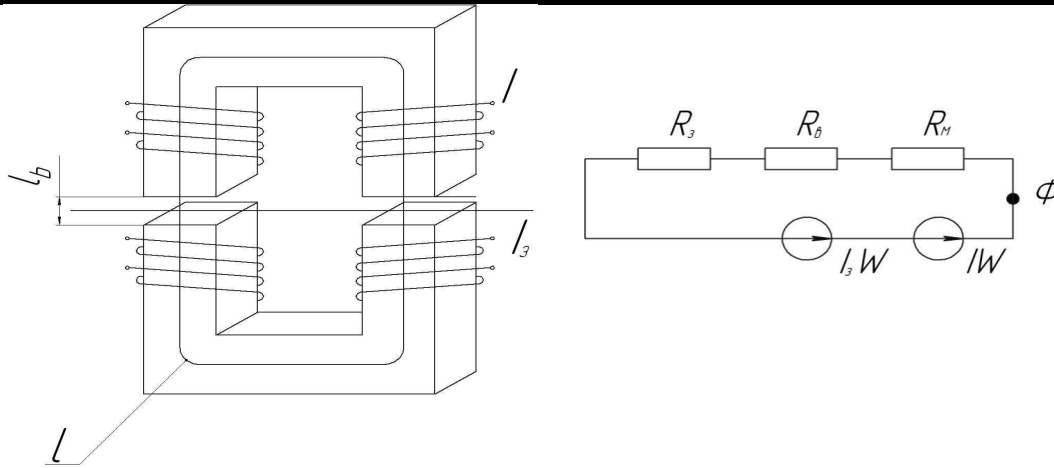


Рис. 2 - Дзеркальне зображення П - подібного електромагніту та еквівалентна схема магнітного ланцюга.

У такий спосіб після виконання вище наведених розрахунків ця математична модель дозволить розрахувати товщину й ступінь зміцнення шару осі рухомого состава без її руйнування, а тільки лише за допомогою системи датчиків і схеми узгодження з ЕОМ.

## ПРИЛАДИ І МЕТОДИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ

Перепьолкіна Н.В. ст. гр. ЕТ-841м

Науковий керівник доц. Морнева М. О.

*Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля*

Метою роботи є ознайомлення з методами технологічного контролю, а так само з приладами для його здійснення.

Технологічний контроль застосовується для усунення або попередження небезпечних ситуацій в момент їх утворення. Такий тип контролю є найбільш вдалим для різних ситуацій, так як він більш надійний.

Технологічний контроль в загальному вигляді проводиться за трьома розділами: форма, розміри, допуски. Природно, що кожен, з розділів пов'язаний з рядом параметрів. Наприклад, форма деталі, як правило, визначає переважну технологію її виготовлення. Встановлена форма нерідко дозволяє виконати деталь тільки одним конкретним методом. Форма пов'язана одночасно і з матеріалом. Тому кожний із зазначених розділів має розглядатися у взаємозв'язку.

Існує кілька методів технологічного контролю, які в свою чергу поділяються на види: за місцем знаходження контролю (стаціонарний, летючий або ковзний), за різними стадіями технологічного процесу (попередній, проміжний, остаточний), за охопленням об'єктів контролю (суцільний, вибірковий, статистичний, інспекційний), за охопленням операцій контролю (поопераційний, груповий), за ступенем автоматизації (безперервний, напіваавтоматичний, автоматизований прийомоздаточний), за характером контролю (візуальний, геометричний, метрологічний), за призначенням контролю (попереджувальний, виробничий).

*Стаціонарний* здійснюється на постійному спеціальному робочому місці для перевірки об'єктів.

*Летючий або ковзний* здійснюється безпосередньо на робочому місці обробки або зборки шляхом періодичних перевірок.

*Попередній* застосовується з метою попередження браку. Попередньому контролю піддаються матеріали, заготовки, напівфабрикати, деталі до початку обробки або збірки.

*Проміжний (операційний)* здійснюється на різних стадіях виготовлення заготовок, деталей і складання виробів. Основна мета - перевірка якості виконання кожної виробничої операції по технологічному процесу та виключення шлюбу на наступних операціях.

*Остаточний (заключний)* – контролю піддаються всі деталі, вузли і вироби після заключних операцій технологічного процесу обробки або складання. Найбільш відповідальна форма попередження випуску недоброякісної продукції.

*Суцільний* – перевірки піддаються всі без винятку представлені заготовки, деталі, вузли і вироби.

*Вибірковий* – перевірки піддається деяка частина з партії деталей або виробів залежно від умов виробництва.

*Статистичний* – найбільш активний спосіб запобігання втрат від браку. Застосовується для аналізу і регулювання якості продукції, ходу технологічного процесу і стану виробничого обладнання. В основу покладено вибірковий метод, заснований на теорії ймовірностей і математичній статистиці.

*Інспекційний* здійснюється для повторного вибіркового контролю об'єктів, раніше зданих виробництвом і прийнятих ВТК, а також для вибіркових спостережень за роботою виробів в експлуатації протягом встановленого гарантійного строку.

*Поопераційний* проводиться після кожної операції, коли якість наступної операції залежить від попередньої.

*Груповий* здійснюється після групи невідповідальних операцій або коли характер технологічного процесу виключає можливість перевірки об'єктів після кожної операції.

*Безперервний* застосовується безпосередньо в процесі обробки деталей. Здійснюється автоматизований контроль розмірів і піднастройки обладнання в процесі обробки.

*Напіваавтоматичний* – контроль розмірів обробки постійно відстежується із застосуванням ЦВП (цифровий відліковий пристрій). Підналагоджує устаткування здійснюється вручну.

*Автоматизований прийомоздаточний* застосовується для остаточного контролю виробів з використанням автоматизованих вимірювальних комплексів.

*Візуальний* здійснюється тільки зовнішнім оглядом.

*Геометричний* – проводиться перевірка розмірів і геометричних елементів об'єкта.

*Метрологічний* – здійснюється перевірка елементів, від яких залежить якість (структура, твердість і т.п.).

*Попереджувальний* здійснюється на всіх етапах виробництва з метою запобігання браку.

*Виробничий* застосовується для виявлення браку при перевірці об'єктів, пред'явлених на контроль після завершення певного виробничого етапу або операції. Розрізняють виробничий контроль, що виконується робітниками, наладчиками і майстрами або працівниками ВТК.

Для здійснення технологічного контролю необхідні спеціальні прилади, такі як тепловізори та відеоендоскопи.

Тепловізор є безконтактним приладом що дає можливість здійснювати неруйнівний контроль. Тепловізор (інфрачервона камера) - вимірювальний прилад, що працює в інфрачервоній області електромагнітного спектра, "переводить" в видиму область спектра власне теплове випромінювання будь-яких об'єктів. Сучасні багатофункціональні тепловізори оснащені неохолоджуваної матрицею, що дають

можливість отримувати і зберігати інформацію про температурні поля об'єктів. Чутливий елемент тепловізора - матриця мініатюрних детекторів сприймає інфрачервоні сигнали і перетворює їх в електричні імпульси, які після посилення перетворюються у відеосигнал. Тепловізор може використовуватися, як прилад для безконтактного вимірювання температури об'єктів і температурних полів. Тепловізори застосовуються для контролю стану різних об'єктів і технологічних процесів в різних галузях промисловості, а також при проведенні наукових досліджень. Області застосування тепловізорів: енергетика та енергоаудит, машинобудування, медицина, будівництво, нафтова та хімічна промисловість, транспорт і т.д. За допомогою тепловізора можна оперативно визначити передумови виникнення та наявність дефектів в димових трубах на виробництві, нафто- і газопроводах, в теплотрасах, водопроводах та електричних з'єднаннях, на великих промислових холодильниках, тим самим попередити фінансові втрати, серйозні аварії. Своєчасне виявлення за допомогою тепловізора температурних аномалій і тепловтрат, що відображають невидимі небезпечні процеси навколо нас, дозволить вжити заходів для усунення причин можливих аварій на підприємствах.

Відеоскоп - сучасний діагностичний прилад, призначений для огляду недоступних і небезпечних місць, наприклад електрообладнання, технічних вузлів, будівельних об'єктів, внутрішніх частин механізмів, об'єктів під водою тощо.

## **РОЗРОБКА УНІВЕРСАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ**

Усов М.І. ст. гр. РЕА-10мД

Науковий керівник доц. Лорія М.Г.

*Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля  
Технологічний інститут*

Метою даної роботи є спроба зробити універсальний пристрій для вимірювання температури який зможе вимірювати температуру як для побутових, так і для промислових цілей. Прилад розроблено з використанням сучасного рівня розвитку технологій і досягнень радіоелектронної інженерії для забезпечення високих технічних параметрів, в тому числі з наданням даному приладу високих експлуатаційних вимог і малої вартості.

Головними перевагами цього пристрою є мала габаритність, а також невелика маса і компактність, що дає можливість використовувати та встановлювати його навіть у важкодоступних місцях. Даний пристрій виконано відносно просто та надійно, що позначиться на вартості.

На сьогоднішній день у зв'язку з великими темпами розвитку електронної промисловості з'являється все нові і більш сучасні радіоелектронні пристрої. Зараз існує велика кількість термометрів, терморегуляторів, датчиків температури та ін. Намагаючись зробити універсальний пристрій завжди приводять до збільшення розмірів і до ускладнення схеми, що в свою чергу веде до збільшення вартості пристрою.

Прилад розроблено для вимірювання температури у діапазоні від -50 до +650°C. В основі роботи пристрою закладено мікроконтролер PIC16F84A. Вона в свою чергу має велику швидкодію, що позначається на вимірах при швидких перепадах температури. Прилад є багатофункціональний і має наступні режими: режим гістерезису температури, інверсії виходу, шпаруватості (П-регулювання), температури уставки, а також має вбудовану пам'ять, яка при необхідності може записувати до 500 вимірювань. Для виміру температури використовується

інтегральний цифровий датчик DS18B20. Ця мікросхема не потребує калібрування і дозволяє вимірювати температуру середовища від -50 до 650°C. Причому в інтервалі температури від -50 до 300°C проводиться вимірювання з похибкою до  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ , а після 300°C з похибкою:  $\pm (9,6 - 0,66 \cdot 10^{-2} \cdot (t - 300) \cdot 100) / 650$ .

Датчик DS18B20 являється найсучаснішим представником свого сімейства. На відміну від своїх попередників він перед початком вимірювань дає можливість визначити відносну точність із наступного списку значень: 0,5; 0,25; 0,125 та 0,0625°C. При цьому час вимірювання відповідно дорівнюватиме 93,75; 187,5; 375 та 750 мс.

Принцип роботи датчика DS18S20 засновано на підрахунку числа імпульсів, які виробляються генератором з низьким температурним коефіцієнтом у часовому інтервалі, який утворюється генератором з іншим температурним коефіцієнтом. Під час цього внутрішня логіка датчика враховується та компенсується параболічна залежність частот обох генераторів від температури.

Обмін командами управління і дані між датчиками та мікроконтролером (МК), який працює на частоті 4 МГц, здійснюється по однопровідній двонаправленій шині передачі даних 1-Wire. Кожний екземпляр DS18B20 має унікальний 48-бітний номер, записаний за допомогою лазера у ПЗУ під час виробництва. Це дозволяє під'єднувати до однієї шини практично безмежну кількість таких приладів. Обмежуючим фактором являється, загалом, загальний час, який витрачається на послідовний опитування усіх датчиків, які підключені до мережі.

З періодом, який дорівнює 1 секунду, МК надсилає датчику команду на запуск процесу вимірювання температури і отримує від нього результат минулого виміру. Прийнятий від датчика 12-ти бітний код, відповідно виміряної температури, перетворюється в десяткову форму, яка округляється до десятих часток градуса і виводиться на світлодіодний індикатор у динамічному режимі. Подача напруги логічного 0 на один із виходів вмикає відповідний розряд індикатора, виводячи при цьому на виходи семіелементний код, відображаємий в даному розряді цифр. Управління крапкою на індикаторі, яка відділяє цілу частину відображаємої температури від десяткової, МК створює через вихід з відкритим стоком. Період відображення усіх трьох розрядів індикатора приблизно дорівнює 12,3 мс при частоті у 81 Гц.

Через те, що загалом індикатори в інтервалі від -14,9 до +99,9°C відображають температуру з похибкою до 0,1°C, а в інтервалі від -50 до -15 та від +100 до 300°C з точністю до 1°C відпадає необхідність у відображенні десяткових часток градуса.

## **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ ПРОИЗВОДСТВА**

*Логунов А.Н.,*

*Восточнoукраинский национальный университет им. Владимира Даля,*

Создание эффективных систем контроля изделий на протяжении всего технологического процесса, является одним из перспективных путей решения проблемы повышения качества продукции и рационального использования дорогостоящего природного сырья. Ценность полученной информации существенно повышается, если системы контроля используются совместно с системами автоматизированной идентификации объектов контроля, которые основаны на использовании технологии цифровой обработки изображений и распознавании образов.

При переработке природного сырья в кожевенной промышленности жёсткие химические, механические и термические воздействия на изделия во время осуществления технологических процессов не позволяют использовать поверхностную



маркировку изделий, применима только маркировка перфорацией. Применение усовершенствованных технологий маркировки позволило расширить сферу применения систем автоматизированной идентификации изделий и повысить достоверность контроля. В частности:

- разработана математическая модель и найдены оптимальные параметры перфорационного маркера, которые обеспечивают минимизацию площади и трудоемкости нанесения маркера;
- получен критерий достоверности классификатора системы распознавания, который связывает исходные, управляющие и проверочные параметры классификатора;
- определены способы повышения помехоустойчивости посредством выбора характеристик перфорационного маркера, управляющих и проверочных параметров при автоматизированном считывании;
- разработана методика и программное обеспечение для проведения машинного эксперимента;
- сформирован пакет тестовых изображений перфорационной маркировки, который полностью отображает все проблемы считывания маркировки шкур в производственных условиях;
- разработан и внедрен в производство программный комплекс автоматизированного нанесения и считывания маркировки, а также взаимодействия с АСУТП и АСУП, получены положительные результаты его применения в условиях реального производства.

## **АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ. ДАТЧИК КОНТРОЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ**

Коршунова Н.В., Лория М.Г.

*Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля  
Технологический институт*

Целью работы является разработка датчиков контроля напряжения.

Система энергоснабжения на солнечных батареях кажется очень простой. Ведь в ней всего 4 основных компонента - сами фотоэлектрические панели, аккумуляторы, контроллер заряда и инвертор, преобразующий низковольтный постоянный ток к бытовому стандарту ~220В. Однако эта простота обманчива, - здесь, как и в любой системе, все элементы должны быть сбалансированы между собой. Несбалансированность в лучшем случае обернется неоправданными затратами на неиспользуемый потенциал, а в худшем - выходом из строя самого слабого элемента и, как следствие, неработоспособностью всей системы.

Выбор контроллера. В современных системах контроллер напряжения стоит между солнечной батареей и аккумуляторами. Его главная задача - это нормировать напряжение, вырабатываемое панелями фотоэлементов, к напряжению, необходимому для заряда аккумуляторов с учётом их текущего состояния, в том числе отключая их от фотоэлементов при полной зарядке во избежание перезаряда (перезаряд предотвращается по напряжению, но не по току). Простейшие варианты просто подключают и отключают батареи, а самые продвинутые способны даже «подтянуть» слишком низкое напряжение, вырабатываемое панелями фотоэлементов при слабом освещении, к необходимому уровню за счёт уменьшения тока.

Наиболее часто современные контроллеры напряжения выдают так называемый «модифицированный синус», представляющий собою ступенчатое приближение к синусоидальной форме. Такая форма тока вполне успешно «переваривается» практически всеми современными бытовыми устройствами и электроинструментами, но

звук работы некоторых из них заметно меняется и становится громче, а блоки питания могут начать заметно «звенеть». Чтобы устранить эту проблему, можно попытаться использовать различные фильтры, сглаживающие неровности тока.

Типы контроллеров напряжения. При правильном выборе панелей большой необходимости в повышении напряжения нет. Гораздо важнее возможность снизить относительно высокое «оптимальное» напряжение фотоэлектрической батареи, соответствующее максимальной вырабатываемой мощности, до более низкого уровня, необходимого для зарядки аккумуляторов, преобразовав излишек напряжения в дополнительный ток и обеспечив полное использование номинальной мощности батареи.

Технологию, предотвращающую такие потери, некоторые производители контроллеров называют MPPT (Maximum Power Point Tracking - отслеживание точки максимальной мощности). Она заключается в постоянном измерении вырабатываемого панелями тока и напряжения и обеспечении их оптимального соотношения, которое зависит, в частности, и от времени суток, и от текущей ситуации на небе (выглянуло солнце или набежало облако). Это позволяет достичь оптимального использования мощности батарей практически во всех режимах работы и уменьшить потери до 3%. Однако стоимость таких контроллеров превышает стоимость простейших моделей в несколько раз. Поэтому в маломощных системах может оказаться выгоднее приобрести лишнюю панель на 100 .. 200 Вт и ограничиться простым контроллером заряда, но не переплачивать за MPPT.

Инверторы - преобразователи напряжения - применяются в солнечных, ветряных, других альтернативных энергосистемах для преобразования постоянного напряжения в переменное. Инверторы отличаются мощностью, параметрами входного напряжения - 12/24/36/48 Вольт, а также - формой переменного напряжения на выходе - оно может быть синусоидальным или несинусоидальным. Инверторы с чистым синусом значительно дороже, но они - лучше, так как к ним можно подключить любую, даже самую требовательную нагрузку.

С каждым годом актуальность систем альтернативного энергоснабжения возрастает, что ставит перед учеными всего мира задачу разработки наиболее эффективных методов преобразования энергии, получаемой из альтернативных источников. Несмотря на усилия ученых в разработке новых систем генерирования энергии, наиболее перспективными и проработанными в технологическом аспекте на сегодняшний день остаются солнечная и ветровая энергетика.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1) Кашкаров А.П. «Ветрогенераторы, Солнечные батареи»
- 2) Хрусталева Д.А. Аккумуляторы [Книга]. - Москва : Изумруд, 2003. - стр. 224.

### **ЕЛЕКТРОННИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПІДЖИВЛЕННЯ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ**

Гапонова О.В. ст.гр. РЕА-10д

Науковий керівник, ст.викладач Тюндер І.С.

*Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля*

*Технологічний інститут*

Метою роботи являється розробка електронного пристрою для підживлення аккумуляторних батарей.

Сучасні автомобілі оснащені величезною кількістю електронного устаткування, саме тому в арсеналі автоаматора зарядний пристрій (ЗП) займає дуже важливе місце.

Перед тим, як приступити до розробки якої-небудь побутової техніки, необхідно,

насамперед, зробити аналіз спектра пристроїв, що поставляють на ринок різними фірмами. Цей вид аналізу дозволяє зробити огляд кращих конструкторсько-технологічних рішень аналогів, які будуть використовуватися в проєктованих апаратах. Це стосується, у першу чергу, поліпшення зовнішнього вигляду ЗП, його колірної рішення, загальної форми або форми й розмірів окремих модулів; забезпечення необхідного теплового режиму, зручного доступу до елементів під час ремонту тощо.

Зробимо аналіз пристроїв, які випускаються промислово відомими фірмами-виробниками побутових електронних апаратів. Метою подібного аналізу є визначення найбільш удалих конструкторських рішень, використання яких у розроблюваному апараті дозволить істотно поліпшити його технічні характеристики й споживчі якості. Крім того, розглянемо дизайн (кольори, форма корпусу) і їхні ергономічні показники (насамперед розташування органів керування й індикації з погляду зручності користування).

В розроблювальному ЗП використовую комбіновану схему зарядки. Тобто спочатку акумулятор заряджається при постійному значенні струму, а потім стабілізується напруга і починає спадати струм. Такі пристрої називають автоматичними.

Живлення пристрою здійснюється від блоку живлення мережі змінного струму напругою 220 В з наступним його перетворенням у постійну напругу 12 В/±12 В, джерело повинно забезпечувати максимальний струм навантаження 10 А.

Таблиця - Порівняльні характеристики аналогічних пристроїв

Параметри	Фірма-виробник		
	Telwin	Black&Decker	Новий
Напруга живлення, В	~220±10%	~220/+12±10%	~220±25%
Струм споживання, А	0,5	1	0,5
Кількість акумуляторів	1	1	1
Індикатор зарядки	немає	є	немає
Додаткові функції	є	є	немає
Маса пристрою, кг	3	5	2

Порівнюючи сучасні ЗП з характеристиками розроблювального пристрою можна зробити висновок про те, що новий пристрій трохи поступається по функціональному наборі деяким параметрам виробів відомих фірм виробників, але за такими показниками як, простота, діапазон робочих напруг, ціна й зручність в експлуатації повинно вплинути на попит у споживачів до даного виробу.

## **РАЗРОБОКА БЛОКА КОМУТАЦІЇ В ШАФІ КЕРУВАННЯ І КОМУТАЦІЇ. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ВПРИ КОМПОНОВЦІ РЕА**

Ночевний С. В. ст. гр. РЕА-10д

Навчальний керівник доц. Самойлова Ж. Г.

*Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля*

*Технологічний інститут*

Ціль роботи – розробка конструкції блока комутації.

Блок комутації призначений для виконання наступних основних функцій: виконання дій згідно алгоритмам ТЗБ і формування цифрових значень вихідних дискретних і аналогових сигналів в контролері КМП-25; організація взаємодії ТЗА

ПТК; вибір режиму функціонування каналу ПТК; оперативний контроль працездатності ШКК-1; передача параметрів і результатів діагностики ШКК-1, УЗПО, КДК, ШДС (включаючи команди і керуючі сигнали) в СДА; формування вихідного дискретного сигналу типу «сухий контакт», що сигналізує про несправність ПТК.

В блок комутації входить блок управління БУ-475. У процесі роботи був описаний принцип його функціонування, основні характеристики.

На основі аналізу ТЗ було виявлено, що при аналізі умов експлуатації пристрій відноситься до стаціонарної апаратури. На підставі кліматичних і механічних факторів, котрі впливають на розроблювальний пристрій, була підібрана сучасна елементна база.

При розробці конструкції блоку була обрана чотирьохшарова ДП четвертого класу точності на якій реалізована електрична схема, розраховані її габарити й товщина. Розроблено розрахунок друкованого монтажу та перевірочні розрахунки по постійному та перемінному струмі.

Була обрана технологія виготовлення блоку. Проведено розрахунок комплексного показника технологічності виробу, який показав, що розроблювальний пристрій являється технологічним.

За допомогою програм «NAD32» та «Терло.exe» були виконанні розрахунки надійності даного виробу та його тепловий режим. Роблячи висновок з цих розрахунків можна побачити, що вони задовольняють ТЗ й умовам експлуатації.

#### Література

1. Горобец А.И. и др. Справочник по конструированию радиоэлектронной аппаратуры (печатные узлы).- К.: Техніка, 1985.- 312 с.
2. Кузмин А.Я. Конструирование и микроминиатюризация электронной вычислительной аппаратуры: Учебное пособие для вузов.- М.: Радио и связь, 1985.- 280 с.
3. <http://chiplist.ru/sensors/termodatchiki/>

## СВЕТОДИОД С «ОПТИЧЕСКОЙ АНТЕННОЙ» ДЛЯ ОПТИЧЕСКОЙ КОММУНИКАЦИИ МАЛОЙ ДАЛЬНОСТИ

Клочко Т.В. ст.гр. РЭА-12д

Научный руководитель доц. Иванов А.Н.

*Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля  
Технологический институт*

Целью данной работы является изучение нового перспективного оптоэлектронного устройства – светодиода, который может заменить твердотельные лазеры в области оптической коммуникации малой дальности.

Во всех исследованиях в области оптических коммуникации малой дальности в качестве источников света в настоящее время используются полупроводниковые лазеры, которые встраиваются прямо в структуру чипов. Но такое использование лазеров не всегда оправдано, их изготовление чревато технологическими сложностями, а для работы они требуют существенного количества энергии. Идеальной заменой лазерам могут стать светодиоды, однако, сверхминиатюрные светодиоды не в состоянии произвести поток света необходимой интенсивности [1].

Процесс непосредственного излучения фотонов, который происходит в структуре светодиодов, заключается в электрическом возбуждении электронов, которые переходят на более высокий энергетический уровень. Когда электрон переходит обратно на более низкий энергетический уровень, он излучает фотон света, сбрасывая, таким образом, излишки энергии. Однако, еще не существует способа

надежного управления переходами электронов на низкий энергетический уровень из-за чего свет, излучаемый таким источником, имеет неравномерную интенсивность и распространяется в случайных направлениях.

При реализации процесса стимулированного излучения фотонов используется электромагнитное поле, колеблющееся на частоте переходного состояния электронов. Это позволяет получить некую дипольную область, колеблющуюся с заданной частотой. Наличие такой области побуждает электроны изменять свои энергетические уровни более упорядочено и это можно использовать для обеспечения контроля за излучением фотонов.

В настоящее время разработан опытный образец оптической антенны, использование которой позволяет увеличить интенсивность света от наноразмерного светодиодного источника более чем в 115 раз [2]. Эта технология предлагает возможность замены лазеров, требующих для работы значительное количество энергии, менее "прожорливыми" источниками света на основе светодиодов. И первой областью, которая может выиграть от такой замены, станет область оптических коммуникаций малой дальности, которая может быть использована для организации связи между отдельными компонентами одного полупроводникового чипа.

При реализации процесса стимулированного излучения фотонов используется электромагнитное поле, колеблющееся на частоте переходного состояния электронов. Это позволяет получить некую дипольную область, колеблющуюся с заданной частотой. Наличие такой области побуждает электроны изменять свои энергетические уровни более упорядочено и это можно использовать для обеспечения контроля за излучением фотонов.

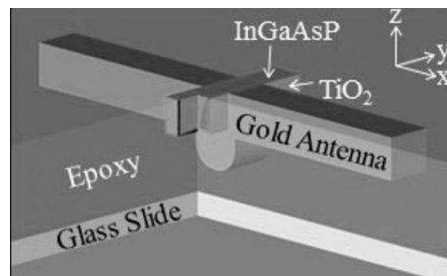


Рис. 1 –структура светодиода с оптической антенной.

В таком устройстве, источник света, то есть сверхминиатюрный светодиод, находится в центре миниатюрной дипольной антенны. Действие, оказываемое этой антенной, позволяет создать вышеупомянутую дипольную область, которая выступает в роли усилителя потока излучаемого света. Сама "оптическая антенна" изготовлена из золота, а по конструкции она представляет собой так называемую арочную антенну. В центре этой антенны располагается светодиод на основе полупроводниковой гетероструктуры InGaAsP, покрытый слоем диоксида титана, выступающего в роли диэлектрического изолятора (рис. 1) [2].

Создав столь необычную конфигурацию светоизлучающего устройства, ученые добились увеличения интенсивности излучаемого света в 115 раз. Такое увеличение уровня излучения определяется разностью эффективности способа прямого и стимулированного излучения, которые были описаны выше. Получившийся высокоэффективный светодиодный источник света может конкурировать с самыми лучшими образцами источников света на основе полупроводниковых лазеров.

Кроме систем оптических коммуникаций, светодиоды с оптическими антеннами могут найти применение и в ряде других областей, в частности, в датчиках различных типов, в системах синтеза изображений и в оптических системах хранения данных.

Особый интерес вызывает применение подобных устройств в приборах на основе фотонных кристаллов: оптических запоминающих устройств, фотонных логических устройств, фотонных компьютеров. Основной проблемой эффективного применения таких приборов является микроминиатюризация мощного источника когерентного излучения, в качестве которого применяются полупроводниковые лазеры, миниатюризация которых, в настоящее время практически достигла технологического предела. Применение рассмотренных светодиодов с оптической антенной позволяет решить эту проблему.

Литература

1. <http://www.gizmag.com/nano-optical-antenna-led-laser-optical-communications/35917/>
2. <http://tehnovar.ru/16288-opticheskaya-antenna-novogo-tipa-pozvolit-svetodiodam-stat-zamenoy-lazeram-v-oblasti-kommunikaciy.html>

## ЕДИНИЧНЫЙ КОНВЕРТОР ЛАГЕРР-ГАУССОВОЙ МОДЫ

Кириченко Ю. А., Черных А. В.,

научный руководитель доц. Хорошун А. Н.

*Восточноукраинский национальный университет им. Владимира Даля*

**Введение.** Дислокации волнового фронта – основные объекты исследования сингулярной оптики скалярного светового поля. Непрерывные дислокационные линии в световом поле характеризуются нулевой амплитудой, неопределенной фазой и циркуляцией энергии вокруг них. Расположение такой линии в световом поле вдоль оси распространения пучка называется винтовой дислокацией или оптическим вихрем (ОВ). Простым примером пучка с ОВ является Лагерр-Гауссова мода  $LG_0^m$  с ненулевым азимутальным индексом  $m$ , указывающим топологический заряд вихря. Структура ОВ с единичным зарядом очень устойчива к флуктуациям интенсивности и фазы, что позволяет использовать их для передачи информации через турбулентную атмосферу в качестве сверхчувствительных детекторов изменения термодинамических параметров системы, устройств сортировки объектов субдлинноволнового размера, а также для захвата и манипулирования микрочастицами, не повреждая их.

Существует несколько способов синтеза осевого оптического вихря из гауссового пучка. Они детально изучены теоретически и экспериментально.

В то же время является актуальной задача «уничтожения» оптических вихрей, возникающих в световом поле вследствие дифракционных эффектов с использованием наиболее простого из рассмотренных методов для синтеза ОВ фазовой маски в виде двух клиньев.

Цель данной работы состоит в том, чтобы исследовать амплитудно-фазовые характеристики пучка полученного после прохождения сингулярного пучка, как моды  $LG_0^1$ , через линейную маску с противоположным градиентом фазы. Провести сравнительный анализ амплитудно-фазовых распределений синтезированного пучка с модой  $LG_0^0$  посредством численного расчета дифракционного интеграла Кирхгофа-Френеля.

**Математическое представление азимутальных Лагерр-Гауссовых мод и методы расчета их дифракции.** Рассмотрим линейно поляризованный пучок света, являющийся решением скалярного волнового уравнения

$$\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} = \Delta U \quad (1)$$

Функция  $U$  для пучка, распространяющегося вдоль оси  $Z$  с частотой  $\omega$  и волновым числом  $k$ , имеет вид:

$$U(x, y, z) = U_0(x, y, z) \cos[\omega t - kz + \Phi(x, y, z)] = [u + iv] \exp[i(\omega t - kz)] \quad (2)$$

Комплексная амплитуда пучка может быть записана как:

$$A(x, y, z) = U_0 e^{i\Phi} = u(x, y, z) + iv(x, y, z) \quad (3)$$

Представление Лагерр-Гауссовых мод  $LG_0^m$  в безразмерных координатах при масштабировании поперечных размеров  $x, y \Rightarrow x/r_0, y/r_0$  на радиус перетяжки пучка  $r_0$ , а продольной  $z = z/L_R$  – на длину Релея  $L_R = kr_0^2/2$ :

$$LG_0^m(\rho, \varphi, z) = \frac{A_0}{\sqrt{1+z^2}} \left( \frac{\sqrt{2}\rho}{\sqrt{1+z^2}} \right)^{|m|} \exp\left(-\frac{\rho^2}{1+z^2}\right) \exp i \left[ \frac{\rho^2 z}{1+z^2} - m\varphi - (|m|+1)\arctg z + kz \cdot z_R \right], \quad (4)$$

где  $A_0$  – это амплитудный параметр,  $\rho = \sqrt{x^2 + y^2}$ ,  $\varphi, z$  – цилиндрические безразмерные координаты,  $m$  – это топологический заряд вихря  $(|m|+1)\arctg(z)$  – сдвиг фазы Гуи. Волновой фронт оптического вихря имеет форму геликоида, ось которого совпадает с осью распространения пучка. Знак заряда дислокации указывает направление циркуляции энергии в пучке, а его величина определяет изменение фазы  $\Phi$ , представленной множителем перед комплексной единицей в экспоненте выражения (4), вокруг дислокационной линии в виде  $m = \oint \frac{d\Phi}{2\pi}$ . Амплитудные распределения поля сингулярного пучка с единичным положительным и отрицательным зарядами одинаковы, и показаны на рис. 1а на расстоянии  $z=3$ . Фазовые карты для сингулярного пучка с зарядом  $m=+1$  (рис. 1б) и  $m=-1$  (рис. 1в) демонстрируют соответственно сечения правого и левого геликоида и изменение фазы на величину  $2\pi$  при обходе по замкнутому контуру вокруг оси пучка:

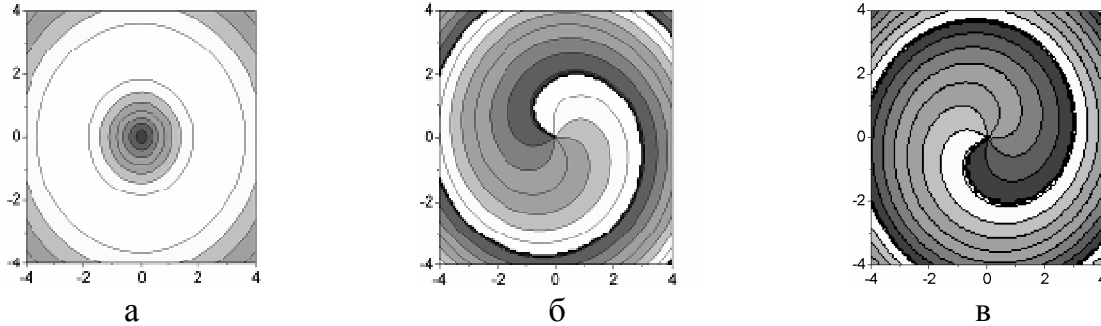


Рис. 1. Распределение амплитуды (а) и фазы сингулярного пучка с зарядом  $m=+1$  (б) и  $m=-1$  (в)

Для гауссова пучка ( $LG_0^0$ ) характерен гауссов профиль амплитуды, а волновой фронт является плоским в области перетяжки и сферическим при  $z \neq 0$ . Тогда, выражение (4) примет вид:

$$LG_0^0(\rho, \varphi, z) = \frac{A_0}{\sqrt{1+z^2}} \exp\left(-\frac{\rho^2}{1+z^2}\right) \exp i \left[ \frac{\rho^2 z}{1+z^2} - \arctg z + kz \cdot z_R \right] \quad (5)$$

Прохождение пучка через фазовую маску в виде двух клиньев можно рассматривать как дифракционную задачу. Фазовую маску с линейным градиентом  $K=1,3$  зададим в плоскости источников  $XY$  в виде:

$$\Phi(x, y, 0) = \begin{cases} 2\pi - K \cdot x, & y > 0 \\ \pi + K \cdot x, & y \leq 0 \end{cases} \quad (6)$$

Реальную  $u(x_1, y_1, z)$  и мнимую  $v(x_1, y_1, z)$  части комплексной амплитуды синтезируемого пучка рассчитываем численно в плоскости наблюдения  $X_1Y_1$ , расположенной на расстоянии  $z \geq L_R$  посредством интеграла Кирхгофа-Френеля:

$$\begin{aligned} u(x_1, y_1, z) &\sim \operatorname{Re} \left( \iint A_0(x, y) \exp(i \frac{z_R}{z} [(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2]) dx dy \right) \\ v(x_1, y_1, z) &\sim \operatorname{Im} \left( \iint A_0(x, y) \exp(i \frac{z_R}{z} [(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2]) dx dy \right) \end{aligned} \quad (7)$$

**Характеристики синтезированного квазигауссового пучка из сингулярного пучка.** Цели данной работы состоят в том, чтобы исследовать амплитудно-фазовые характеристики пучка полученного после прохождения сингулярного пучка как моды  $LG_0^1$ , через фазовую маску в виде двух клиньев и провести сравнительный анализ амплитудно-фазовых распределений синтезированного пучка с модой  $LG_0^0$ .

На рис. 2(а, г, ж) представлены расчеты распределения амплитуды для синтезированного пучка на расстояниях  $z=1$ ,  $z=2$  и  $z=3$ .

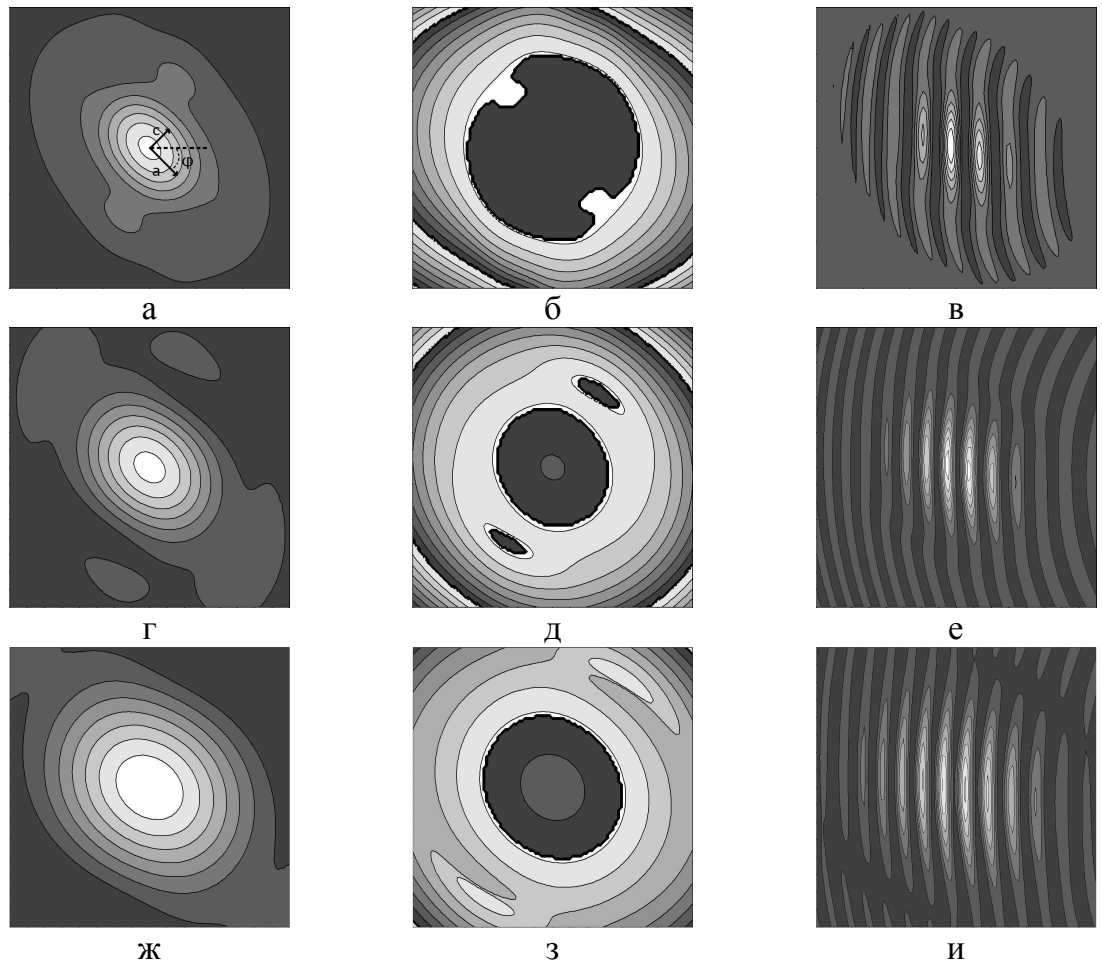


Рис. 2. Распределение амплитуды (а, г, ж), фазовые карты (б, д, з) и интерференционные картины синтезированного пучка с наклонной плоской волной (в, е, и) на расстояниях  $z=1$ ,  $z=2$  и  $z=3$  соответственно

Основными характеристиками являются параметры, которые подчеркивают отличие полученного светового поля от гауссового пучка: эллиптичность  $\gamma$  и угол  $\varphi$  наклона большого эллипса относительно оси X. Величина эллиптичности  $\gamma$  определяется как отношение малой к большой полуоси эллипса, которые проводятся



через общую контурную линию амплитуды и центр пучка,  $\gamma = c/a = 0,622$  число для амплитуды на рис. 2а. Данный параметр увеличивается с увеличением расстоянием наблюдения  $z$  и стремится к единице, характерной для идеального гауссового пучка. Аналогичная ситуация происходит и с угловым параметром: изменение  $\varphi$  происходит от  $45^\circ$  до  $15^\circ$ . «Очистка» пучка от дифракционных эффектов начинается при  $z=3$  в момент образования оптических вихрей (рис. 2з), траектория которых соответствует расширению пучка (рис. 3б) с последующим вытеснением на периферию (рис. 3г). Интерференционный анализ синтезированного квазигауссового пучка и наклонной плоской волны представлен на рис. 2(в, е, и). Чередование сплошных интерференционных полос на рис. 2(в, е) подтверждает отсутствие дислокаций волнового фронта в пучке, а разрыв интерференционных полос на (рис. 2и) указывает на формирование фазовых сингулярностей.

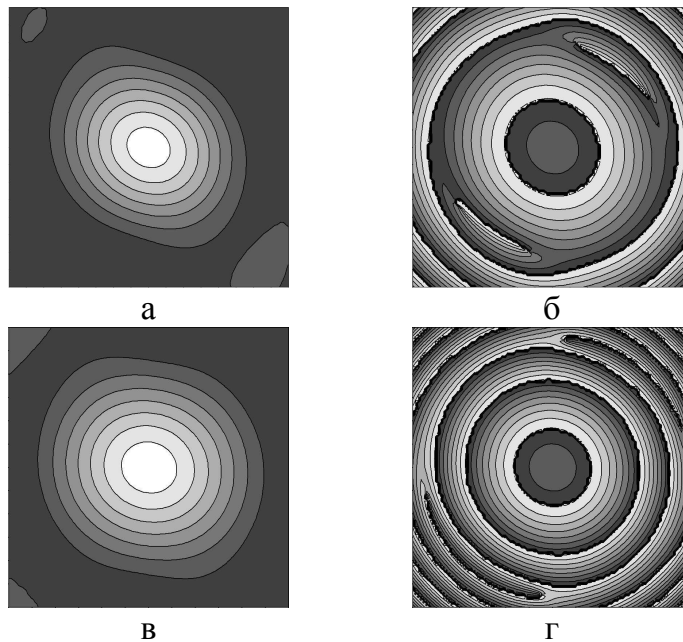


Рис. 3. Распределения амплитуды (а, в) и фазы (б, г) на расстояниях  $z=5$  и  $z=11$  соответственно

Синтез осевого оптического вихря из пучка с исходно гладким волновым фронтом с помощью предложенной фазовой маски можно осуществить экспериментально посредством двух наклоненных зеркал по схеме, представленной в работе или с помощью пространственного модулятора света.

**Выводы.** Установлено влияние фазовой маски в виде двух клиньев на сингулярный пучок единичного заряда. Определены параметры синтезированного квазигауссового пучка на различных расстояниях наблюдения. Полученный пучок отличается от моды  $LG_0^0$  по амплитуде наличием эллиптичности и угловым поворотом эллипса; по фазе – радиальной асимметрией эквифазных линий, а также образованием «короткоживущего» диполя оптических вихрей. Интерференционный анализ синтезированного пучка так же свидетельствует о топологических изменениях в форме волнового фронта при изменении расстояния наблюдения. В дальней дифракционной зоне все характеристики пучка стремятся к характеристикам моды  $LG_0^0$ .

**ФОТОЭЛЕКТРОННАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ ИЗ ПОВЕРХНОСТИ GaAs**

Кормилицина Е. В. ст. гр. ММЗ-411

Научный руководитель ассистент Черникова И. Д.

*Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля*

Оптические измерения широко используются в науке и технике. Большое значение имеют спектральные измерения, так как они дают в полной мере информацию об исследуемом образце, что очень важно при разработке фотодетекторов. Эти и некоторые другие вопросы, представляющие собой высшую оптику и современные микро- и наноисследования рассмотрены при изучении свойств арсенида галлия и его наноструктур.

Так как оптические измерения связаны с собственным оптическим поглощением, которое определяется переходами зона-зона, т.е. возбуждением электронов из заполненных валентных зон в зоны проводимости, то все оптические переходы подчиняются определенным правилам отбора [1]. При поглощении фотона импульс электрона сохраняется, поскольку импульс фотона  $h/\lambda$  (где  $\lambda$  – длина световой волны порядка тысяч  $\text{\AA}$ ) в исследуемой области энергий  $h\nu$  весьма мал по сравнению с импульсом электрона  $h/a$  (где  $a$  – постоянная решетки, порядка нескольких  $\text{\AA}$ ).

Коэффициент поглощения фотонов с энергией  $h\nu$  пропорционален вероятности  $P_{if}$  перехода из начального  $E_i$  в конечное  $E_f$  состояние и плотности начальных  $N_i$  и конечных  $N_f$  состояний. При этом необходимо провести суммирование по всем возможным переходам между состояниями, разделенными интервалом энергий  $h\nu$

$$\alpha(h\nu) = A \sum P_{if} N_i N_f \quad (1)$$

При условии, что все переходы с сохранением импульса разрешены, т.е. вероятность перехода  $P_{if}$  не зависит от энергии  $h\nu$  фотона, каждому начальному состоянию с энергией  $E_i$  соответствует конечное состояние с энергией  $E_f$ , такое что

$$E_i + h\nu = E_f \quad \text{и} \quad k_i = k_f. \quad (2)$$

Переходы, определяемые условием (2), являются прямыми. Наряду с ними возможны не прямые переходы, для которых  $k_i \neq k_f$ . Они происходят с испусканием или поглощением фотона, так что  $k_i \pm g_p = k_f$ , где  $g_p$  – волновой вектор фонона. И в случае не прямых переходов возможны переходы из любого занятого состояния с энергией  $E_i$  в любое свободное состояние с энергией

$$E_f = E_i + h\nu \pm E_p \quad (3)$$

где  $E_p$  – энергия фонона.

Не прямые переходы не играют заметной роли в фотоэмиссионных процессах, ввиду их малой вероятности по сравнению с прямыми переходами.

В случае прямых переходов возбужденные фотоэлектроны при движении к поверхности могут терять энергию вследствие различных процессов неупругого рассеяния, что оказывает влияние на форму энергетических распределений. При изучении фотоэмиссии принимаются во внимание два процесса рассеяния:

- 1) электрон-электронное рассеяние (т.е. образование пар электрон-дырка);
- 2) электрон-фононное рассеяние.

Эти процессы рассеяния весьма различны. В области энергии фотонов от 1,4 эВ до 3,0 эВ энергии возбужденных электронов лежат ниже порога электрон-

електронного рассеяния, следовательно, в этой области энергий имеет место электрон-фононное взаимодействие, при котором электроны термализуются в минимуме зоны проводимости. В таком случае мы не можем получить информацию о характере переходов.

При энергиях внутренних фотоэлектронов, значительно больших энергии порога фотоэмиссии, основным видом рассеяния является электрон-электронное рассеяние, и, как показано в работах [2,3], в этом случае можно получить информацию о межзонных переходах. Эту информацию несут фотоэлектроны, не испытавшие рассеяния. Значительная часть других электронов теряет большую часть своей энергии, и в области низких энергий спектра появляется непрерывный фон.

Однако это распределение не всегда может соответствовать энергетическому спектру электронов в объеме вещества, т. к. вследствие большого коэффициента оптического поглощения фотонов с большей энергией, фотоэмиссия происходит из области вблизи поверхности, где энергетический спектр может быть изменен влиянием поверхности. Для получения информации об объемных свойствах необходимо вести измерения в области энергий фотонов вблизи границы фотоэмиссии.

Для понимания процессов, происходящих в твердых телах, необходимо знание их зонной структуры. Исследования структуры зон производятся в широком масштабе как экспериментально, так и теоретически.

Расчету зонной структуры арсенида галлия посвящен целый ряд работ, но наиболее реально дает соответствие экспериментальным результатам работа, выполненная Коэном и Бергштроссером [4] по расчету зонной структуры GaAs методом псевдопотенциала в направлениях  $\{1\ 0\ 0\}$ ,  $\{1\ 1\ 0\}$ ,  $\{1\ 1\ 1\}$ .

В данной работе применили метод фотоэмиссии при исследовании: 1) спектрального распределения квантового выхода фотоэмиссии  $Y(h\nu)$  и 2) энергетического распределения фотоэлектронов  $N(E)$ , для анализа экспериментальных результатов для монокристаллов GaAs p-типа из различных граней эмитирующих поверхностей образцов и сравним с теоретическими данными.

Исследования проводились в нанометрическом сверхвысоковакуумном фотоэлектронном спектрометре [5] из поверхности образца GaAs p-типа кристаллографической ориентации эмитирующей плоскости с гранями: (100), (110), (111) и  $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$ , физические параметры которого представлены: концентрация носителей  $8,18 \cdot 10^{17}(\text{см}^{-3})$ ; подвижность  $4100(\text{см}^2/\text{В} \cdot \text{сек})$ ; удельное сопротивление  $2,68 \cdot 10^{-3}(\text{Ом} \cdot \text{см})$ . Образцы с разными гранями вырезались из одного монокристалла. Ориентация плоскостей контролировалась рентгеноструктурным методом, и отклонения от указанного направления не превышало  $3^\circ$ . У каждого из трех исследованных образцов противоположные плоскости шлифовались и химически полировались. Это позволяло изучать фотоэмиссию в одном направлении из двух противоположных плоскостей. Поскольку все исследования были проведены в одном приборе и в одинаковых вакуумных условиях ( $P = 1 \cdot 10^{-9}$  Торр), полученные результаты для всех образцов можно было сравнить между собой. Измерения проведены абсолютно при одинаковых условиях для всех образцов.

Квантовый выход  $Y(\text{электрон/квант})$  фотоэмиссии при энергии фотонов  $h\nu = 5,38$  эВ с граней (111),  $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$  и (110) одинаков:  $Y = 9,1 \cdot 10^{-5}$  электрон/квант, с грани (100) он меньше и величина его  $Y = 8,5 \cdot 10^{-5}$  электрон/квант. Вблизи порога фотоэмиссии квантовый выход с граней (110) и (100) совпадал, тогда как с грани  $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$  он минимальный, а с грани (111) – максимальный. Существенного отличия в

квантовом выходе при измерении фотоэмиссии с противоположных плоскостей в направлениях [100] и [110] не обнаружено.

Для определения порогов фотоэмиссии использовалась экстраполяция кубической зависимости квантового выхода от энергии фотонов. Наименьшая величина порога наблюдалась для фотоэмиссии с грани (111), наибольшая — с грани  $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$ . Для граней (110) и (100) отличия в пороге фотоэмиссии незначительны. Значения порогов фотоэмиссии  $h\nu_0$  приведены в таблице 1.

Энергетическое распределение фотоэлектронов для разных граней образцов р-типа показывает, что имеется один максимум, положение которого соответствует энергии 4,6 эВ. и совпадает со значением энергии прямого перехода, указанного в работе [4]. Отличия, которые наблюдаются в распределениях для разных граней, заключаются в том, что ширина распределений  $e\Phi$  и  $(V_k + V_0)$  различна.

Таблица 1

1	2	3	4	5	6	7	8
ориентация	$h\nu_0$ , эВ.	$h\nu_0$ , эВ.	$\phi_T$ , эВ.	$(E_F - E_v)_B$	$(E_F - E_v)_S$	$\chi$ , эВ.	$\phi_0$ , эВ.
$(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$	4,46	4,74	4,35	-0,03	0,11	3,06	-0,14
(111)	4,32	4,74	4,23	-0,03	0,08	2,92	-0,11
(110)	4,42	4,74	4,31	-0,03	0,11	3,02	-0,14
(100)	4,44	4,74	4,33	-0,03	0,11	3,04	-0,14

Это обусловлено в основном тем, что для различных граней контактная разность потенциалов  $V_k$  не одинакова, в то время как задерживающий потенциал  $V_0$  практически не изменяется для всех измеряемых образцов. Результаты экспериментальных данных по измерениям  $V_0$ ,  $V_k$  и  $\phi_\Phi$  приведены в таблице 2, из которой следует, что наименьшая фотоэлектронная работа  $\phi_\Phi$  оказалась для грани (111). Малая величина загиба зон ( $\phi_0 = -0,11$  эВ), а также электронного сродства ( $\chi = 2,92$  эВ) для этой грани увеличивает вероятность прохождения электронов через потенциальный барьер. Поэтому интенсивность пиков, наблюдаемых в энергетических распределениях для грани (111) максимальная. Для грани  $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$  интенсивность пиков — минимальная.

Таблица 2

Ориентация поверхности образцов	$h\nu = 4,99$ эВ			$h\nu = 4,89$ эВ			$h\nu = 4,68$ эВ		
	$V_0$ , эВ	$V_k$ , эВ	$\phi_\Phi$ , эВ	$V_0$ , эВ	$V_k$ , эВ	$\phi_\Phi$ , эВ	$V_0$ , эВ	$V_k$ , эВ	$\phi_\Phi$ , эВ
$(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$	0,48	0,08	4,43	0,40	0,08	4,41	0,24	0,08	4,36
(1 1 1)	0,48	0,20	4,31	0,40	0,20	4,29	0,24	0,20	4,24
(1 1 0)	0,46	0,12	4,41	0,38	0,12	4,39	0,24	0,12	4,32
(1 0 0)	0,46	0,10	4,42	0,39	0,10	4,40	0,24	0,10	4,34

**Выводы:** Приведенные результаты исследования фотоспектроскопии из образцов GaAs р-типа проводимости показали, что термоэлектронная работа выхода  $\phi_T$  и порог фотоэмиссии  $h\nu_0$  зависят от ориентации граней — минимальные значения для грани  $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$ , а максимальные значения для грани (111); полученные экспериментальные значения прямых межзонных переходов в монокристаллах GaAs хорошо совпадают с результатами, полученными при теоретических расчетах зонной структуры арсенида галлия в работе [4].

## Литература:

1. Борбавт А. М., Горбань И. С., Охрименко Б.А. и др. Оптические измерения /А.М. Горбань, И. С. Горбань, Б.А. Охрименко, П. А. Суббота-Менльник, И. А. Шайкевич, А. А. Шишловский// Издавництво «Техніка». Київ.— 1997.— 419 с.
2. Eden R. C., Mool J. L., Spicer W. E. Fotoemisiya from GaAs of p-tipa at adsorption of Ss and O. / R. C. Eden, J. L. Mool, W. E. Spicer // Phys. Rev. Lett., 18, 597, 1967.
3. Бова А. Р., Волошин М. А., Латиш О. Б. и др. Влияние структурных изменений на поверхности на энергетический спектр электронов в арсениде галлия // А. Р. Бова, М. А. Волошин, О. Б. Латиш, И. Д. Черникова, Н. Г. Черников / Вісник СХУ ім. В. Даля, 2010. — №12 (154), ч. 2. — с. 10-15.
4. Bergstresser T. K., Cohen M. L. Calculation of area structure of GaAs by the method of pseudopotential /K. T. Bergstresser, M. L. Cohen //Phys. Rev., 141, 789, 1966.
5. Волошин М. А., Удовиченко С. О., Черникова И. Д. и др. Сверхвысоковакуумный фотоэлектронный спектрометр для исследования поверхностных свойств твердых тел // М. А. Волошин, С. О. Удовиченко, И. Д. Черникова, Н. Г. Черников / Праці Луганського відділення Міжнародної Академії інформатизації, 2011. №2(24). — 14-19.
6. Mac Rae A. U., Bull C. W. Metering thermionic work function of the p-type single crystal GaAs by Kelvin / A. U. Mac Rae, C. W. Bull // Amer. Phys. Sec., 10, 168, 2005.
7. Люзе Л. Л., Духанина Р. Я. Работа выхода граней А и В поверхности (111) арсенида галлия //Л. Л. Люзе, Р. Я. Духанина / Физика твердого тела, том 41, вып. 7, 2000.— с. 2096- 2101.

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕАКЦИОННОЙ ЗОНЫ В ВАННЕ РУДОВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОПЕЧИ

Филимоненко Н.Н., Филимоненко К.В.

*Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля*

*Технологический институт*

Целью работы является разработка методики и приборной реализации этой методики, которая позволяет оперативно и с достаточной точностью определять положение реакционной зоны в ванне рудовосстановительной электропечи и влиять на технико-экономические показатели выплавки сплавов. Все существующие на сегодняшний день методики не позволяют получать оперативную информацию о режиме работы печи, к тому же их техническая реализация на трехфазных печах не представляется возможной.

Для обеспечения оптимального технологического процесса рудовосстановительной электропечи очень важно знать расположение электрода в ее ванне и его длину. Длина электрода связана с положением реакционной зоны. Под реакционной зоной рудовосстановительной электропечи обычно понимают высокотемпературную область, в которой происходят химические реакции. Фактически - это зона расположения дугового разряда в шихте, то есть подэлектродная область [1,2].

Расположение реакционной зоны существенно влияет на технико-экономические показатели выплавки сплавов: производительность, удельный расход электроэнергии, коэффициент мощности, к.п.д.и др., то есть, в конечном счете, на себестоимость продукции [3].

В подэлектродной зоне происходят сложные электрические процессы. Дуговой столб деформируется под действием электромагнитных сил (сила тока в электродах

достигает 120000А), а в трехфазных печах дуговой столб еще и вращается. В результате, в подэлектродном пространстве образуется специфический газовый пузырь-тигель, заполненный высокоэнергетической плазмой с температурой до 10 000К [1]. Дуговой разряд – плазма- локализован в определенном объеме. Поскольку дуга является источником электромагнитного излучения, а размер ее ограничен, то в области реакционной зоны имеется ярко выраженное изменение магнитного потока.

Основываясь на этой особенности поведения дуги, предлагается методика, основанная на измерении распределения магнитного потока вдоль кожуха печи в области максимально приближенной к оси электрода.

На кожухе ванны печи вдоль осей каждой из фаз устанавливаются несколько параллельных рядов датчиков от отметки на уровне ниже на 400 – 500 мм уровня расплавленного металла высотой 1500 – 2000 мм. Количество датчиков и расстояние между ними по вертикали и по горизонтали могут варьироваться в зависимости от особенностей технологического процесса. Сигналы от датчиков передаются к электронному, преобразователю, который производит усиление и фильтрацию сигналов. Усиленный и: отфильтрованный сигнал подается на прибор-индикатор со схемой обработки и отображения сигнала в виде удобном для наблюдателя.

Макетный образец прибора прошел испытания в производственных условиях и показал надежность в работе и высокую достоверность измерений.

Проведенные исследования и предложенная методика с использованием разработанного прибора позволяют достоверно определять расположение реакционной зоны и длину дуги в рудовосстановительных печах. Достигнутые результаты подтверждают возможность их использования в ходе процесса плавки, а стыковка прибора с ЭВМ позволяет достаточно быстро перейти к автоматизации процесса с последующей оптимизацией режимов плавки.

#### Литература

1. Сисоян Г.А. Электрическая дуга в электрической печи. -М: Металлургия, 1974. - 304 с.
2. Данцис Я.В. Методы электрических расчетов мощных электропечей. -Л: Энергоиздат, 1982.-232 с ил.
3. Свенчанский А.Д. и др. Электрические промышленные печи: Дуговые печи и установки специального нагрева. Учебник для вузов. - М: Энергоиздат, 1981. - 296 с ил.

### **К ВОПРОСУ УСКОРЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ НА НАДЕЖНОСТЬ МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА**

Губаревич О.В., доц. каф.електромеханика, к.т.н.

*Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля*

Экспериментальная оценка надежности (испытания на надежность готовых изделий) является одним из важнейших этапов в процессе разработки и серийного выпуска промышленных изделий.

Ресурс современных электрических машин составляет 25000 — 50000 ч, в связи с чем проведение испытаний может затянуться на долгие годы. Для сокращения сроков используются форсированные методы испытаний, однако при этом должно быть найдено соответствие между испытаниями в нормальных условиях и форсированными (ускоренными). Этой цели служат исследования по определению коэффициентов ускорения.

Коэффициент ускорения есть отношение времени испытаний в обычных условиях ( $t_n$ ) ко времени испытания в форсированных режимах ( $t_v$ ) при условии равенства значений вероятностей безотказной работы в обоих случаях :

$$k = t_n / t_y.$$

Ускоренные испытания электрических машин проводятся в специальных условиях, которые характеризуются повышенным уровнем некоторых воздействующих факторов, называемых *факторами форсировки*. К ним относятся: повышенная температура, повышенная вибрация, частота вращения, частота пусков, повышенная влажность, удельное нажатие и плотность тока под щеткой, запыленность и др. При ускоренных испытаниях на надежность количество факторов форсировки обычно варьируется от двух до четырех. Для получения зависимостей коэффициента ускорения в функции факторов форсировки (эти функциональные зависимости значительно расширяют возможности дальнейших испытаний на надежность по сравнению с точечными значениями) необходимо реализовать специальные планы, которые составлены согласно математической теории планирования экспериментов. Функциональные зависимости записываются в полиномиальном виде:

для планов первого порядка

$$y = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{ij} x_i x_j, \quad (1)$$

$$y = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{ij} x_i x_j + \sum b_{ii} x_i^2. \quad (2)$$

Функциональная связь коэффициентов ускорения и факторов форсировки находится после математической обработки. Например, если коэффициент ускорения является функцией трех факторов: температуры в ( $^{\circ}\text{C}$ ), частоты вращения  $n$  и вибрации, тогда зависимость коэффициента ускорения от указанных факторов форсировки можно представить в виде (2), где  $x_1$  — температура;  $x_2$  — вибрация;  $x_3$  — частота вращения (все величины закодированы).

Для проведения испытания по определению коэффициента ускорения предварительно необходимо выполнить следующие операции:

разделить исследуемую систему на отдельные подсистемы; установить факторы, воздействующие на отдельные узлы, и определить совокупность факторов, которые должны быть воспроизведены при ускоренных испытаниях; установить предельные значения основных воздействующих факторов; выбрать контрольные параметры и установить критерии отказа; составить план испытаний по определению коэффициентов ускорения и обеспечить реализацию заданных уровней форсировки по каждому из факторов.

Рассмотрим в качестве примера машину постоянного тока, которую как систему можно разбить на отдельные подсистемы, а именно: подшипниковый узел, коллекторно-щеточный узел, обмотки статора и ротора.

В зависимости от характера воздействия факторов на исследуемые объекты их можно разбить на три группы: случайные  $\bar{W}$ , постоянные  $\bar{C}$  и изменяемые  $\bar{X}$ .

К случайным факторам можно отнести: отклонение геометрии магнитной системы, расстройство коммутации, всплески токов, эксцентриситет коллектора, эллиптичность коллектора, ослабление: коллектора, отклонение в технологии изготовления коллекторов и щеток, перекос щеток в щеткодержателях и т. д.

К постоянным факторам относятся: конструкция коллекторного узла, применяемые материалы, марка щеток, конструкция щеткодержателя.

К изменяемым, контролируемым факторам воздействия относятся: температура, влажность, кислотность, запыленность, вибрация, давление на щетку, плотность тока под щеткой, частота пусков, частота вращения, величина нагрузки и время непрерывной работы.

Факторы групп  $\bar{W}$  и  $\bar{C}$  в основном определяются конструкцией, технологией, настройкой машины, а также условиями ее эксплуатации. При реализации планов теории эксперимента факторы групп  $\bar{W}$  и  $\bar{C}$  автоматически учитываются в уравнениях регрессии.

Воздействующие факторы группы  $\bar{X}$  могут быть изменены в достаточно широких пределах. Для получения наибольших коэффициентов ускорения режимы испытания должны быть более жесткими, но бесконечно увеличивать форсировку нельзя, чтобы не нарушить физическую картину процессов старения отдельных подсистем. Опыт создания методик ускоренных испытаний показывает, что коэффициент ускорения не должен превышать 12—15 (в некоторых случаях 20). Выбор интервалов варьирования параметров группы  $\bar{X}$  является сложной задачей и основывается на данных технических условий, лабораторных испытаниях, анализе всего объекта в целом, после проведения предварительного эксперимента интервалы варьирования уточняются.

Ориентировочно предельные значения для машин постоянного тока составляют: температура коллектора — до 150°C, частота вращения — до 1,5 номинальной, влажность окружающего воздуха — до 98%, двойная амплитуда вибрации — не более тройной от номинала, плотность тока под щеткой — до 12 А/см<sup>2</sup>.

Критерии работоспособности рассмотрим на примере коллекторного узла. К ним можно отнести: биение (статическое и динамическое), искрение, износ щеток, температуру коллектора, ширину безыскровой зоны, переходное сопротивление щеточного контакта, падение напряжения в щетках. Критерии отказа: превышение уровня искрения выше допустимого, скорость износа щеток или величина износа щеток, износ коллектора выше допустимого, существенное превышение температуры коллектора выше допустимого.

Функциональные зависимости, связывающие коэффициент ускорения и факторы форсировки, находятся с помощью методов теории планирования эксперимента. Перед проведением испытаний должны быть осуществлены следующие процедуры: выбор параметра оптимизации (выходного параметра); выбор факторов форсировки (они не должны быть взаимосвязаны ни по каким признакам); выбор центра плана, уровней и интервалов варьирования факторов; выбор схемы планирования. Используя выбранную схему планирования экспериментов, а также параметры функции отклика и коэффициент ускорения, которые оценивают работоспособное состояние изделия, производится оперативная оценка надежности машины.

Основное требование, предъявляемое к ускоренным испытаниям, это идентичность процессов старения и износа по отношению к нормальным условиям, что в свою очередь означает идентичность законов распределения. В общем случае целью испытаний является нахождение функциональных зависимостей, связывающих коэффициенты ускорения и факторы форсировки, и значения максимально возможного (с точки зрения сохранения адекватности физики процессов старения) коэффициента ускорения.

В некоторых случаях проводятся ускоренные контрольные испытания в нормальных условиях. Эти испытания базируются на известной математической модели процесса.



**ОСНОВНЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ В ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОМ ПРИВОДЕ**

Голубева С.М

*Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля*

Целью работы является анализ основных рекомендаций эффективного использования асинхронного электродвигателя (АД) и некоторые тенденции изменения его конструкции как силового элемента частотно-регулируемого привода (ЧРП).

Электроприводы потребляют более 65% вырабатываемой электроэнергии. Стоимость электроэнергии, преобразуемой ежегодно электродвигателем средней мощности, в несколько раз превышает его стоимость, и эта тенденция укрепляется в связи с ростом тарифов. Вот почему оценка эффективности применения АД в ЧРП на этапе проектирования и эксплуатации не теряет своей актуальности. В условиях производства используют два варианта реконструкции путем замены нерегулируемого электропривода регулируемым, а также замены регулируемого электропривода более современным.

В настоящее время предлагается множество рекомендаций и критериев оценки эффективности использования АД в частотно-регулируемом электроприводе (ЧРП) в различных сферах народного хозяйства.

В [1] предложены несколько рекомендаций для оценки эффективности энергопреобразования в АД. Анализ рекомендаций по использованию стандартных АД в ЧРП показывает, что они не всегда способны учесть особенности процессов энергопреобразования, протекающих в таких двигателях.

Кратности пускового и максимального моментов АД в ЧРП не представляют интереса, так как не определяют допустимые значения пускового и максимального моментов электропривода. Ограничения возникают со стороны допустимых кратностей токов частотного преобразователя при пуске и перегрузке. Тяжесть таких режимов переносится с двигателя на источник энергии.

Кроме того, приходится учитывать эксплуатационные особенности, возникающие в случае комплектации АД системой независимой вентиляции, встроенным датчиком частоты вращения, встроенным тормозом. Выходное трехфазное напряжение большинства преобразователей частоты (ПЧ) формируется путем широтноимпульсной модуляции. Это приводит к воздействию на межвитковую и межфазовую изоляцию электродвигателя импульсных напряжений [2]. Возможны два пути решения такой проблемы. Первый - это введение в состав ПЧ специальных фильтров. Второй – использование обмоток АД менее подверженных отмеченному негативному фактору использования в ПЧ. Зарубежными производителями АД выбран комбинированный вариант, когда ПЧ и АД разрабатываются в едином конструктивном исполнении. При этом оптимизируется вся система привода, что приводит к снижению габаритов, веса.

Отечественными разработчиками АД применен другой подход к этой проблеме [2]. Ими отмечается, что потери напряжения в инверторе, вызванные конечной емкостью и ограничениями по скважности широтно-импульсного модулятора, не позволяют АД работать при номинальном потоке, вследствие чего растет потребляемый ток и значительно снижается КПД. Кроме того, высокочастотная составляющая тока вызывает дополнительные потери, что также приводит к снижению КПД преобразования. Поэтому необходима разработка специальной серии частотно- регулируемых АД (РАД) с оптимизацией их для работы в системе ПЧ-РАД. Предполагается, что это приведет к устранению из конструкции ротора РАД двойной беличьей клетки, как элемента облегчения условий пуска, поскольку пусковые

условия для РАД неактуальны. Кроме того, «мягкость» частотного пуска позволит оптимизировать конфигурацию пазов обмотки ротора, уменьшив их площадь на 15-25%, что, в свою очередь, позволит пропорционально увеличить электромагнитный момент и преобразуемую мощность при сохранении габаритов. Глубокие пазы в серийном АД имеют до 15-25% избыточной площади при работе в установившемся номинальном режиме. Устранение этого избытка в РАД позволит уменьшить активное сопротивление ротора; рабочее скольжение; индуктивное сопротивление рассеяния (более широкие пазы имеют меньшее сопротивление рассеяния).

Рассмотренные рекомендации показывают необходимость разработки индивидуальных критериев эффективности РАД, возможно с включением некоторых энергетических показателей частотных преобразователей.

#### Література

1. Загрядцкий, В.И. Об оценке эффективности энергопреобразования в асинхронных двигателях с короткозамкнутым ротором [Текст] /В.И. Загрядцкий, С.Ю. Свидченко // Сборник материалов IV международной научно-практической конференции по энергосбережению. - Орел: Орел ГТУ. – 2006. - С. 121-128.
2. Новая серия частотно-регулируемых асинхронных двигателей общего применения разработки «НИПТИЭМ» [Текст] / А.М. Зайцев [и др.] // Электротехника. - № 9. - 2008.- С. 2-10.

### СЕТЬ ЭЛМАНА В MATLAB

Варченко Д.Р., ст.гр. РЕА-11Д

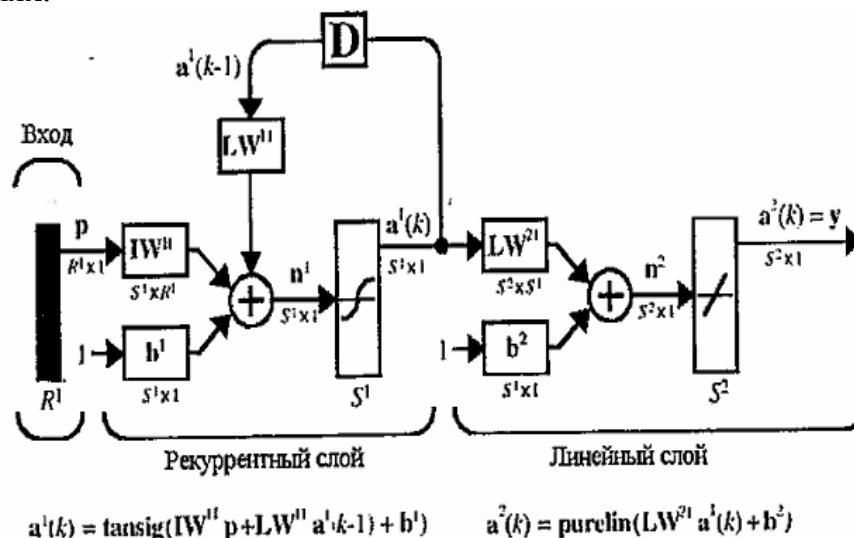
Научный руководитель, доц. Самойлова Ж.Г.

Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля

Технологический институт

Цель работы: получение из многослойного перцептрона введения обратных, только связи идут не от выхода сети, а от выходов внутренних нейронов. Это позволяет учесть предысторию наблюдаемых процессов и накопить информацию для выработки правильной стратегии управления. Эти сети могут применяться в системах управления движущимися объектами, так как их главная особенность – запоминание последовательностей.

Сеть Элмана – сеть, которая состоит из 2 слоёв, в которой скрытый слой охвачен динамической обратной связью. Применяется в системах управления движения объектами, при построении систем технического зрения и в других приложениях.



В качестве функций активации в сети Элмана часто используют: в скрытом, рекуррентном слое – функция гиперболического тангенса  $\tansig$ , в линейном слое – функция  $\text{purelin}$ . Такое сочетание функций активации позволяет максимально точно аппроксимировать функции с конечным числом точек разрыва.

Требование – чтобы скрытый слой имел достаточно большое число нейронов, которые необходимы для успешной аппроксимации функции.

Вывод. На этот раз сеть хуже справляется с задачей. Сеть стремится детектировать значение амплитуды, но делает это не очень точно. Улучшенное обобщение могло быть получено, обучая сеть на большее количество амплитуд, чем только на значения 1.0 и 2.0. Использование трех или четырех гармонических сигналов с различными амплитудами может привести к намного лучшему датчику амплитуд.

## ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ ПАЙКИ ЕЛЕМЕНТІВ НА ДРУКОВАНУ ПЛАТУ

Тороп А.А. ст. гр. РЕА-10з

Науковий керівник Ганжа С.М.

*Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля*

*Технологічний інститут*

При виробництві виробів електроніки після автоматизованого монтажу компонентів нерідко для виправлення дефектів використовується ручна пайка. Зважаючи на те, що в цей час спостерігається перехід до безсвинцевих припоїв, для одержання гарних результатів пайки необхідно знати особливості їхнього застосування. У даному розділі досліджуються шляхи підвищення ефективності ручної пайки ЕРЕ з використанням безсвинцевих припоїв, збільшення терміну служби паяльників, вибір температурних режимів пайки. Дослідженні базуються на статистичних даних, що були одержані в ПРАТ «НВО Імпульс».

### Оптимізація температури пайки

При переході до безсвинцевих припоїв більшість фірм-виробників електронних виробів орієнтуються на застосування припою на основі сплаву  $\text{Sn}/3.8\text{Ag}/0.7\text{Cu}$  з температурою плавлення  $217^\circ\text{C}$ , що вимагає його нагрівання при пайку до температури порядку  $257^\circ\text{C}$ . Виходячи із цього правила, рекомендованого асоціацією IPC (за матеріалами статті: Joe Curcio. Hand soldering with lead free alloys. - "Global SMT & Packaging", January 2005), оптимальний профіль пайки повинен мати вигляд, показаний на рис. 1,а. Як видно із графіка, після швидкого росту температури, протягом якого відбувається активація флюсу й плавлення припою, необхідно витримати припій при температурі на  $40^\circ\text{C}$  вище температури плавлення протягом приблизно 4 секунд. Після цього паяльник віддаляється й припій затвердіває.

На практиці час контакту паяльника із площинкою й виводом рідко перевищує 2 секунди, однак при цьому максимальна температура на короткий час зростає вище оптимальної (рис. 1, б). Порівнюючи оптимальний і реальний профілі (рис. 1, в), можна відзначити, що кількість теплової енергії, отриманої з'єднанням у тому і іншому випадку, приблизно однакові (площі, обмежені зверху кривими, а знизу – температурою плавлення припою, приблизно рівні).

Порівняльні дослідження температурних профілів для припоїв  $\text{Sn}/\text{Ag}/\text{Cu}$  і  $\text{Sn}/\text{Pb}$  показали, що для припоїв  $\text{Sn}/\text{Ag}/\text{Cu}$  спостерігається деяке збільшення тривалості пайки через гірші змочувальні властивості цих сплавів. Збільшення температури пайки поліпшує їхню змочувальну здатність і скорочує тривалість пайки, однак може вплинути на активність флюсу й збільшити небезпеку ушкодження плати й компонент.

Інша можливість поліпшення якості з'єднання полягає в збільшенні ефективності теплопередачі. Це більше оптимальний шлях, тому що при цьому зменшується ймовірність ушкодження плати й скорочуються витрати на виконання цієї операції.

### Оптимізація теплопередачі

Жало паяльника (рис. 2) виготовляється з міді, що має високу теплопровідність. Його покривають шаром сталі для збереження форми жала й запобігання розчинення міді в припої. Кінець жала покритий шаром припою, що грає основну роль у процесі передачі тепла до місця пайки, інша частина жала покрита шарами хрому й нікелю, які перешкоджають розтіканню припою по жалу паяльника.

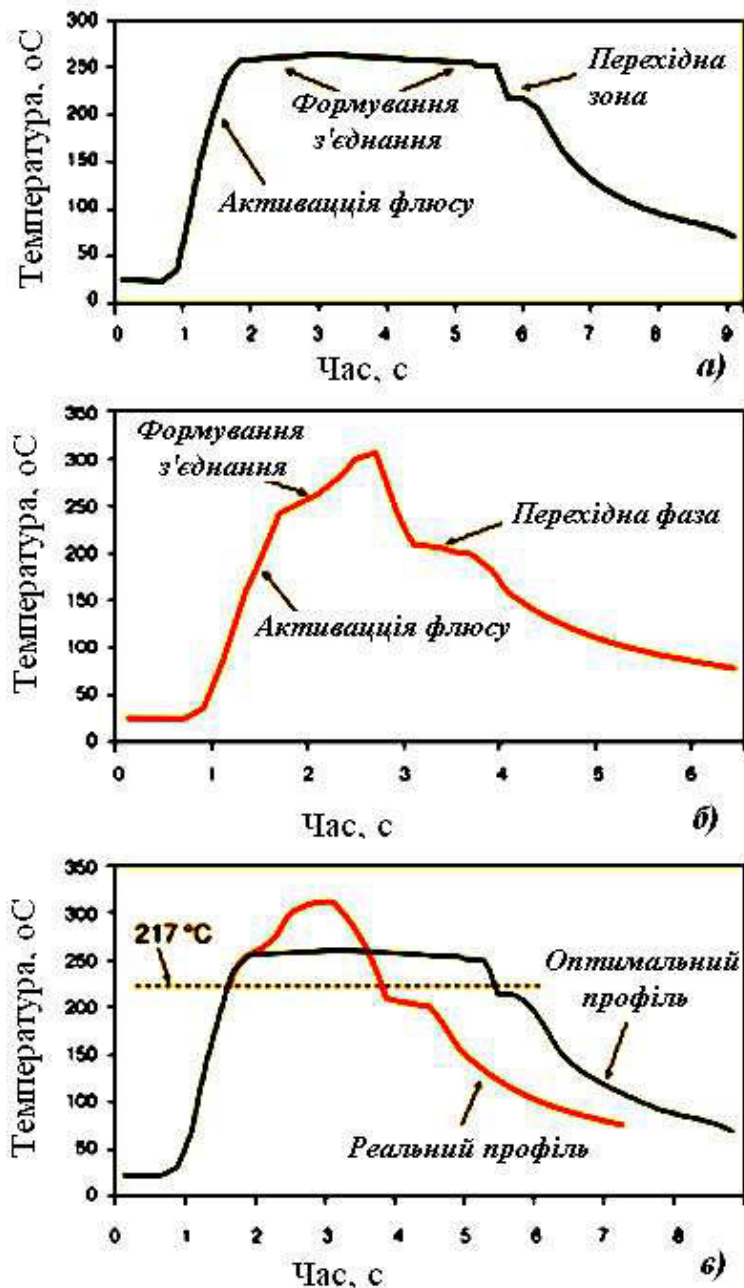


Рисунок 1 - Профілі пайки: оптимальний (а), реальний (б), сполучені для порівняння профілі а і б (в)



Рисунок 2 – Конструкція жала паяльника

Ще одним важливим фактором, що впливає на ефективність теплопередачі, є оптимальна форма жала. Його розміри повинні відповідати розмірам поверхонь, що спаюються. Плоский кінець жала забезпечує кращу теплопередачу, чим закруглений.

#### **Збільшення терміну служби жала паяльника**

При застосуванні безсвинцевих припоїв термін служби жала менше, ніж при застосуванні олов'яно-свинцевих. Цьому є кілька причин:

- 1) більш високий відсоток змісту в припої олова, що активно руйнує сталеве покриття жала;
- 2) більш висока температура плавлення припою, а, отже, і швидкість ерозії жала;
- 3) більш висока швидкість окислювання сталевого покриття;
- 4) використання флюсів з більшою активністю.

Процес, що приводить до виходу з ладу жала паяльника, починається з поступового роз'їдання сталевого покриття припоєм, що проникає в його мікротріщини. Тривалість цього процесу становить близько 90% терміну служби жала. Після того як відбулося зіткнення припою з міддю процес розчинення її в припої протікає значно швидше й жало робиться непридатним. Нарощування товщини сталевого покриття може збільшити термін служби жала, однак внаслідок малої теплопровідності сталі ефективність передачі тепла від жала до місця пайки зменшиться (рис. 3).

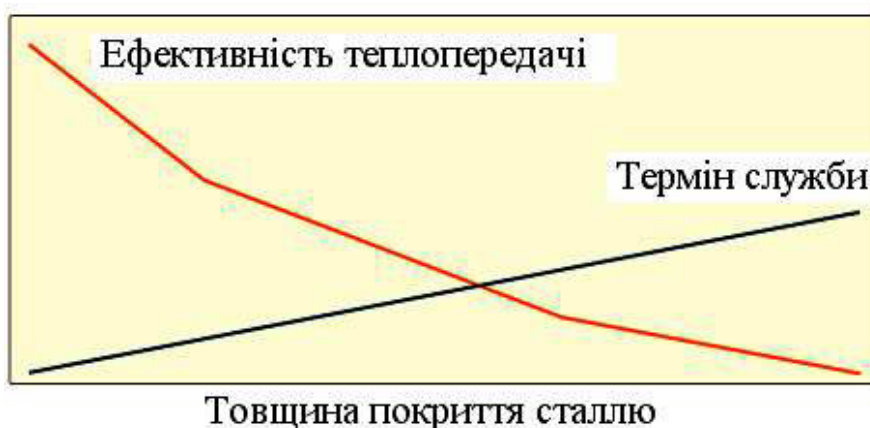


Рисунок 3 – Залежність ефективності передачі тепла від жала до місця пайки

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РАДІАТОРІВ ОХОЛОДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОРАДІОЕЛЕМЕНТІВ

Тороп А.А. ст. гр. РЕА-10з

Науковий керівник Ганжа С.М.

*Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля  
Технологічний інститут*

Достовірне урахування споживаної теплової енергії кожним електрорадіоелементом є актуальною проблемою, особливо для систем охолодження з вертикальним розведенням.

У розробленій системі охоронної сигналізації відсутні занадто теплонавантажені ЕРЕ, але з урахуванням того, що кодовий замок монтується у безпосередній близькості від двигуна автомобіля, то температура оточуючого середовища наряду залежить від відстані до двигуна і може досягати великих значень. Тому можливе застосування радіаторів охолодження для забезпечення нормального теплового режиму розробленого модуля.

Досліджувалась можливість використання радіаторів охолодження, виготовлених з алюмінію та міді для вирішення сформульованої вище проблеми. Також була досліджена ефективність радіаторів охолодження, що мають однакову площу розсіювання, але виготовлені з використанням різних технологій.

Рішення даної проблеми можливо з використанням рівняння Ньютона-Ріхмана:

$$P = G_{\text{дж}}(T_{\text{дж}} - T_l),$$

де  $P$  – теплова потужність, що віддається джерелом;

$G_{\text{дж}}$  – коефіцієнт тепловіддачі охолоджуючого приладу;

$T_{\text{дж}}$  – середня температура поверхні елемента, що охолоджується;

$T_l$  – температура оточуючого повітря.

Основною задачею, що підлягає рішенню, при цьому є знаходження коефіцієнта тепловіддачі, що звичайно знаходиться з довідкової літератури або шляхом виміру в спеціалізованих лабораторіях. Цей спосіб не враховує індивідуальні особливості окремих експлуатованих приладів і має низьку точність виміру.

Теплоємність батареї обчислюється шляхом підсумовування теплоємності корпусу радіатору й повітря. При цьому використовуються питомі теплоємності повітря, міді й алюмінію.

Експеримент проводився на двох різних опалювальних приладах: мідному радіаторі й алюмінієвому. При вимиканні подачі теплоносія, температурна залежність носила спадаючий характер, близький до експонентного. Результати обчислень наведені на рис. 1.

З рисунка видно, що для обох радіаторів коефіцієнт тепловіддачі не є константою й збільшується зі зростанням температури. Для мідного радіатора це збільшення найменше. Для алюмінієвого радіатора зміна коефіцієнта тепловіддачі значно більше. Таке поведіння можна пояснити тим, що в процесі тепловіддачі беруть участь два механізми: теплопровідність і конвекція. Коефіцієнт конвективного обміну залежить від різниці температур. Умова конвективного обміну набагато краще в мідних радіаторах завдяки їхній конструкції, але при високих температурах оточуючого середовища ефективність радіаторів, що порівнюються, практично однакова.

Отримані результати варто враховувати при обчисленні ефективності охолодження теплонавантажених елементів. Оскільки ціна мідних радіаторів набагато

більша від ціни алюмінієвих радіаторів, то остаточний вибір матеріалу залежить від температури і в нашому випадку найкращим буде радіатор з алюмінію.

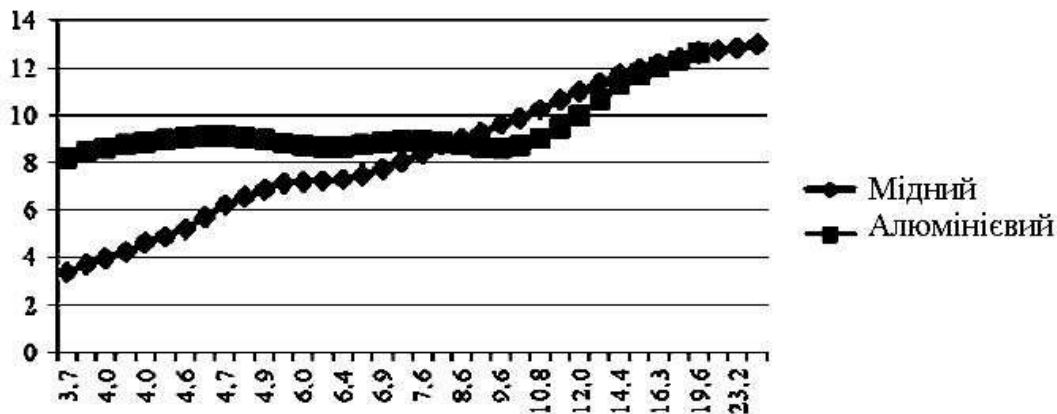


Рис. 1. Залежність  $G_{ДЖ}$  алюмінієвого й мідного радіаторів від різниці між температурою ЕРЕ й повітря

Розглядаючи різні технології виробництва радіаторів з погляду щільності ребер, а також конструктивних обмежень виявляється група методів, що мають найкращі характеристики (рис. 2). На основі даних експериментальних досліджень, що приводяться в літературі, установлюється що найбільшою тепловою ефективністю володіють ребристо-пластинчасті радіатори, що поєднують у собі переваги декількох технологій: фольгування в комбінації з литтям під тиском або складальними радіаторами.

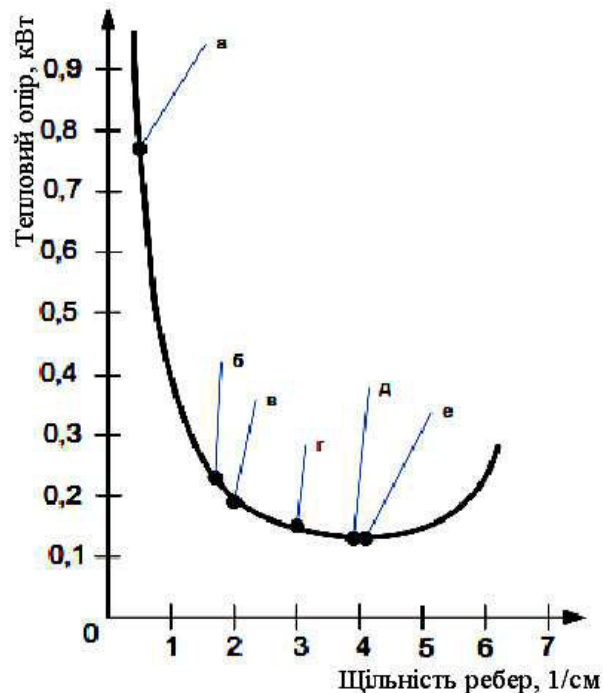


Рисунок 2 - Залежність теплового опору від щільності ребер:

а - лиття під тиском; б - видавлювання; в - штампування; г - механічна обробка, гофрирування; д - стругання; е - складальні радіатори, фольгування, модифіковане лиття під тиском

За рахунок присутності в них тонколистового металу вдається одержати турбулентний потік в вузьких каналах, що значно збільшує коефіцієнт тепловіддачі

поверхні. Розглядаються аналітичні моделі, використовувані для розрахунку теплових характеристик радіаторів. Вказується на значну трудомісткість рішення завдань для радіаторів складної форми, зокрема ребристо-пластинчастих.

## **ВИМОГИ ДО ВІДМИВАННЯ РІЗНИХ ВИДІВ ФЛЮСІВ**

Сушилін Я.Р.. гр. РЭА-11д

Научный руководитель доц. Тюндер И.С.

*Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля  
Технологічний інститут*

Останнім часом на вітчизняному ринку матеріалів для монтажної пайки широко рекламуються імпортовані флюси. Реклама звеличує їхні достоїнства, у тому числі можливість не змивати їх після монтажу. Чи можна допустити залишки флюсів для апаратури, що працює в екстремальних умовах? Особливо якщо вимоги до її ресурсів обчислюються майже ста тисячами годин, а наробіток на відмову - десятками тисяч?

З'явилися публікації, які оцінюють корозійні процеси на електронних виробках, джерелом яких є залишки флюсів. Автори цих публікацій, на жаль, не врахували, що корозійним процесам металевих елементів плат передують процес деградації електричної ізоляції, що завершуються електрохімічною відмовою.

Ціль тезів - визначити свою точку зору на особливості використання флюсів.

Матеріали, пропоновані як флюси для пайки електронних виробів, можуть належати до смолівмістних і смолоневмістних. Всі смолоневмісті флюси мають іоногенні компоненти, від яких плати потрібно очищати. Суперечки йдуть навколо смолівмістних (частіше каніфольних) флюсів. Чи потрібно очищати від них монтажні вироби? Саме це й необхідно розглянути.

Основу смолівмістних флюсів, як правило, становить каніфоль, що представляє собою суміш органічних кислот. Головний компонент цієї суміші - абієтинова кислота. Органічні кислоти - такі як саліцилова, молочна, стеаринова, лимонна, мурашина й т.д. - також можуть бути використані для підготовки поверхні до пайки, однак, у силу їхньої більшої активності, вони вимагають більше акуратного обігу й ретельного промивання виробів після пайки. Ці кислоти, як і деякі їхні сполуки, частіше використовуються як активатори й добавок до флюсів на основі каніфолі.

Рівень кислотності флюсу на основі чистої каніфолі дуже малий, але в результаті її розчинення й у процесі нагрівання при пайці відбувається її активація. Процес активації каніфолі починається при температурі близько 170° С. При сильному нагріванні (більше 300° С) відбувається інтенсивне розкладання каніфолі й втрата її властивостей.

Для забезпечення високої надійності паяних сполук активність флюсів є визначальною. Але за умови, якщо це не спричиняє погіршення електроізоляційних властивостей монтажної основи за рахунок неминучих іоногенних забруднень, джерелом яких є залишки флюсів. Що стосується навіть дуже незначних залишків активаторів, то їхня роль у збільшенні поверхневої провідності в умовах підвищеної вологості безсумнівна. Сумнівна тільки роль залишків каніфолі. При яких умовах вони можуть створити провідність? Чому й при яких умовах закордонні керівництва й українські стандарти дозволяють їхні залишки на поверхні монтажних вузлів?

Щоб відповісти на ці питання, потрібно врахувати тільки одну обставину: у якості флюсу використовується не суха каніфоль, а її спиртові розчини. І в цьому стані вона хімічно активна. Її головний компонент - абієтинова кислота - у



спиртовому розчині здатна розчиняти окисли металів з утворенням комплексних сполук. Кожний може легко переконатися в тому, що спиртова композиція каніфолі досить довго втримує спирт, за рахунок цього вона довго не твердіє. У цьому стані в ній активуються реакції розчинення металів, і тим самим створюються іоногенні компоненти провідності.

У стані провідності спиртова композиція каніфолі відіграє роль гелеподібного електроліту, у якому робота мікрогальванічної пари олово-мідь приводить до корозії міді знов-таки з утворенням продуктів провідності.

За рахунок вмісту спирту композиція каніфолі в умовах навіть помірного зволоження здобуває здатність до гідролізу. Продукти гідролізу теж створюють провідність. Часто помітні наслідки гідролізу каніфолі у вигляді візуально помітного білястого нальоту на поверхні погано відмитого монтажного вузла.

Якщо плати покривають електроізоляційним лаком, залишки каніфолі (тим більше - активаторів), продуктів її гідролізу й інші забруднення в умовах зволоження приводять до осмотичних явищ, що завершується відшаруванням і пузирінням лакового покриття. Пузирі виявляються наповненими вологою й створюють канал провідності ізоляції (рисунок 1).

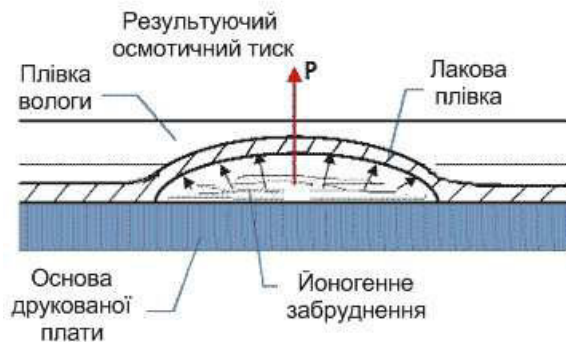


Рис. 1 - Осмотичні явища приводять до відшарування лакової плівки

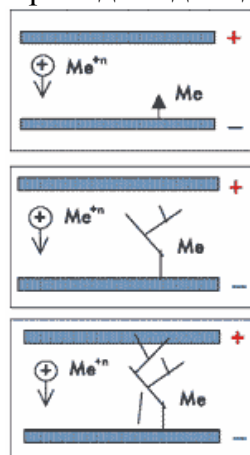


Рис. 2 - Схема утворення дендрита в каналі, наповненому іоногеним забрудненнями

Всі ці міркування мають тільки одну мету - переконатися в тому, що залишки флюсів в умовах підвищеної вологості створюють джерела поверхневої провідності. Що з цього випливає? Незначне зниження опору ізоляції для електронного вузла не є небезпечним чинником. Його величина ще настільки велика, що не робить ніякого шунтуючого впливу на функціонування схеми. Проблема полягає в іншому: провідність ізоляції створює стартові умови для електрохімічної відмови. Сутність цієї відмови полягає в тому, що під дією присутньої на платі напруги провідник-анод розчиняється, віддаючи в канал позитивно заряджені іони металу (рисунок 2). Іони направляються по каналу до провідника-катода, відновлюються на ньому до

металевого стану, утворюючи в ізоляційному зазорі провідні перемички у вигляді дендритоподобної рихлої металевої структури. У результаті цих процесів за кілька хвилин можуть утворитися нитковидні кристали товщиною 2...20 мкм і довжиною до 12 мм. Після утворення нитковидної перемички кристали поступово товщують до 0,1 мм, здобуваючи виразний металевий блиск. Опір таких кристалів може доходити до 1 Ом. Якщо провідні дендрити «закорочують» ланцюги живлення, електронний блок згоряє. Послідовність росту дендритів добре простежується на фотографіях (рис.к 3).

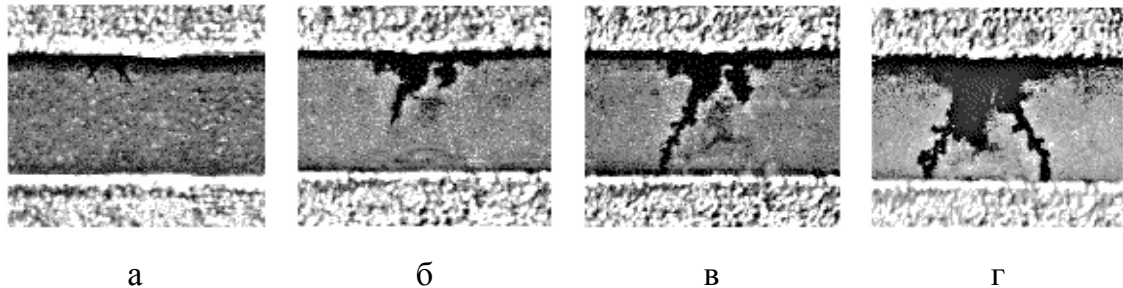


Рис. 3 - Стадії росту металевих дендритів: а — 2 хв.; б — 2,5 хв.; в — 3 хв.; г — 4 хв.

Тепер можна сказати, що забезпечення надійності електроізоляційних конструкцій електронних вузлів неможливо без підвищених вимог до чистоти робочої поверхні виробу.

Відмивати плати потрібно ще й тому, що в процесі виробництва на поверхні плат неминуче залишаються забруднення від дотиків рук. Відбитки пальців - це жировий секрет, що виділяється сальними залозами, що містить значні концентрації водорозчинних інгредієнтів. Серед них натрій хлористий (3,8 г/л), сечовина (0,55 г/л), калій хлористий (0,3 г/л), натрій сірчистий, глюкоза, кислота оцтова й пропіонова, кислота сечова, кальцій хлористий (0,3 г/л).

Інше питання - навіщо потрібний флюс типу No Clean (не вимагає відмивки), якщо однаково потрібно відмивати? Дійсно, флюс No Clean розроблявся саме для випадків, де відмивання неможливе або небажане. Основна відмінність даного типу флюсу від звичайних на основі каніфолі полягає у відсутності в ньому іоногенних компонентів і низькому змісті твердих включень. Композиція No Clean підібрана таким чином, що залишок нерозчинених і не зв'язаних при пайці речовин, зведено до мінімуму (менш 2 %). До того ж одна з функцій флюсу - активувати поверхні, тобто розчиняти окисли й забруднення.

Тому видалення технологічних забруднень також актуально й для No Clean флюсів і не знімає відповідальності за дефекти, що виникають через відсутність операції відмивання. У всякому разі, нанесенню вологозахисних покриттів повинно передувати ретельне очищення поверхонь, щоб уникнути відшарування лаку.

Відмивання плат у край переважно робити на промислових установках. В ідеалі переважно використовувати для відмивання ультразвукову установку. Зараз виробники поставляють на ринок широкий спектр такого устаткування з різними можливостями й по різним, часом дуже доступних цінах. Однак у випадку неможливості придбання такого устаткування можна піти простим методом і мити вручну.

Із усього вищесказаного можна зробити наступний висновок: проектування технологій електронної апаратури вимагає усвідомленого підходу до вибору флюсів, заснованого на необхідності видалення їхніх залишків, особливо перед нанесенням вологозахисних покриттів.

# ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ И ОГРАНИЧЕНИЯ ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Химченко Т.С. гр.РЕА-10з

Научный руководитель ст.препод.Тюндер И.С.

*Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля**Технологический институт*

Целью работы является установление полного контроля над протеканием токов по печатной плате, связанного с необходимостью обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных устройств.

Трассировка печатной платы оказывает значительное влияние на электромагнитную совместимость устройства, в котором эта плата применяется, как в отношении электромагнитного излучения самой схемой, так и её чувствительности к электромагнитным полям. Также большое влияние оказывают кабели, соединяющие печатную плату с другими компонентами системы, например, генератором сигнала, розеткой кабельного телевидения, источником питания постоянного тока или сетью.

Для обеспечения требований по ЭМС необходимо оптимизировать трассировку печатных проводников, расположения разъёмов и элементов развязки по питанию.

Для получения экономичного по функциональному проекту печатной платы следует обеспечить: правильный выбор формата печатной платы; свой обратный проводник для каждого сигнального проводника проходящий как можно ближе к последнему; необходимую развязку по питанию для каждой интегральной схемы или группы схем; ограничение длины проводников и площади контуров до допустимых значений; правильное размещение соединителей (разъёмов); правильный выбор кабелей и соединителей для них; правильное использование и размещение фильтров.

*Проводники.* Одиночные проводники имеют индуктивность порядка 1 мкГн/м (в предположении, что обратные провода и поверхности удалены настолько, что их влиянием можно пренебречь). На частотах ниже 1 кГц учитывается только сопротивление постоянному току. Для уменьшения разности потенциалов между некоторыми точками нужно уменьшать импеданс и (или) ток. Импеданс индуктивности увеличивается пропорционально частоте, поэтому разность потенциалов остаётся постоянной.

*Линии передачи.* Обозначив индуктивность одиночного провода как  $L_i$ , взаимную индуктивность –  $M$ , а ёмкость между дорожками –  $C_i$  (используются погонные параметры, т. е. отнесённые к единице длины, можно определить характеристический импеданс линии передачи, показанной на рисунке 1:

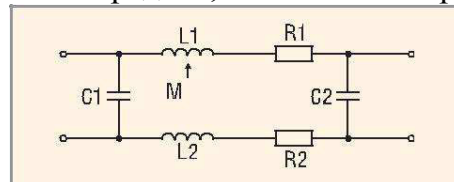


Рис. 1. Отрезок линии передачи

$$Z_0 = \sqrt{L_{\text{eff}} / C}, \quad k = \sqrt{(L_1 + L_2) / M}$$

где  $L_{\text{eff}} = L_1 + L_2 - 2M$ ;

и  $C = C_1 + C_2$ .

С ростом коэффициента связи  $k$  между проводниками линии передачи эффективная индуктивность  $L_{\text{eff}}$  будет быстро уменьшаться.

Вид сигнальных проводников, проведённых произвольно (рис. 2а), должен быть преобразован к виду линии передачи (рис. 2б). Это снизит эффективную индуктивность

$L_{\text{eff}}$  линии связи между двумя микросхемами, что приведёт к уменьшению разности потенциалов между их общими точками. Емкостная и индуктивная электромагнитная связь. Если сигнальная линия и её обратный проводник всё же не образуют эффективную линию передачи, можно отдельно использовать емкостные и индуктивные величины (рис. 1) для вычисления перекрёстной связи между соседними дорожками. Емкостная связь в виде наведённого тока:

$$I_{C_k} = C_k \cdot dV/dt$$

где  $C_k$  – ёмкость между соседними проводниками (на практике – 100 пФ/м; зависит от близости других проводников;).

Индуктивная связь в виде наведённого напряжения:

$$V_{mk} = M_k \cdot dI/dt$$

где  $M_k$  – взаимоиндуктивность между двумя проводниками

В большинстве случаев такая связь между проводниками оказывается существенной.

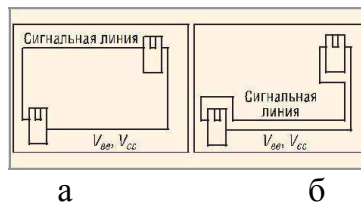


Рис. 2. Варианты проведения сигнальных линий на печатной плате:

- а) линия передачи сигнала, проведённая произвольно; нет связи  $S \leftrightarrow V_{ee}, V_{cc}$ ;
- б) хорошая линия передачи сигнала: есть связь  $S \leftrightarrow V_{ee}, V_{cc}$

*Выбор параметров печатной платы.* Правильно выбрав материал и осуществив грамотную разводку печатной платы, можно создать хорошие линии передачи, имеющие слабую электромагнитную связь с другими дорожками. Слабая перекрёстная связь может быть получена, когда расстояние между двумя проводниками линии передачи  $d$  меньше, чем расстояние от них до других соседних проводников (рис. 3). При использовании этих примеров геометрии дорожек параметры связи между  $S_1, S_2, S_{ij}$  и  $(S_2) \text{ GND}, V_{ee}$  и/или  $V_{cc}$  легко определяемы, а электромагнитная связь между проводниками  $S_2$  и  $S_1$  является слабой. Наиболее экономичный формат (число слоёв) печатной платы должен выбираться с учётом: нормативных и/или функциональных требований к электромагнитной совместимости изделия; допустимой плотности дорожек; возможностей сборочного производства; возможностей системы CAD; расходов на проект; количества печатных плат; стоимости экранов электромагнитного излучения.

Особое внимание необходимо обратить на совокупную стоимость (монтаж компонентов + формат печатной платы + защита от электромагнитного излучения + конструкция + сборка) в том случае, когда рассматривается вариант изделия с неэкранированным корпусом. Во многих случаях выбор соответствующего формата печатной платы может исключить необходимость использования металлического экрана внутри пластмассового корпуса.

Для того чтобы уменьшить нежелательное излучение (или улучшить защиту от него), целесообразно, особенно для сигналов с крутыми фронтами, создание линий передачи между  $S \leftrightarrow V_{cc}, S \leftrightarrow V_{ee}$  и  $V_{ee} \leftrightarrow V_{cc}$ , как показано на рисунке 4.

Сигнальный ток определяется симметрией выходного каскада интегральной схемы. Для КМОП (CMOS)  $I_{OL} = I_{OH}$ , в то время как для ТТЛ  $I_{OL} > I_{OH}$ .

*Сигнальный и обратный проводники.* Необходимо, чтобы обратные проводники находились как можно ближе к сигнальным для того, чтобы предотвратить излучение с

площади контура между этими проводниками и уменьшить магнитную восприимчивость к напряжениям, которые могут быть наведены в этом контуре, например, от радиочастотных передатчиков или посредством электростатического разряда (ESD). Обычно когда расстояние между двумя проводниками равно ширине проводников, коэффициент электромагнитной связи равен 0,5...0,6, а эффективная индуктивность проводников падает от 1 мГн/м до 0,4...0,5 мГн/м. Это значит, что от 40 до 50% возвратного тока может свободно проходить через другие проводники печатной платы.

Для каждого сигнального пути между двумя микросхемами, как аналоговыми, так и цифровыми, необходимо наличие трёх правильно спроектированных линий передач с импедансами, которые показаны на рисунке 4.

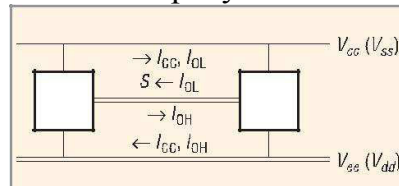


Рис. 3. Типичная схема с двумя цифровыми интегральными схемами, на которой показано три специфических линии передачи.

ICC – ток потребления; IOL – выходной ток низкого уровня; ION – выходной ток высокого уровня

В схемах ТТЛ втекающий ток при переходе от высокого состояния к низкому выше, чем вытекающий ток.

Если взаимоиндуктивность между двумя проводниками линии передачи слишком низкая, её увеличит до  $\approx 1$  ферритовый тороид с несколькими витками ( $\mu > 200(-5000)$ ). Используя ферритовые тороиды, можно получить полный контроль над сигнальными и обратными токами. Если проводники параллельны, феррит может повлиять на характеристический импеданс такой линии передачи. Если применяется коаксиальный кабель, присутствие феррита отразится только на внешних параметрах кабеля.

Выводы:

1. Необходимо использовать самые тонкие, насколько это возможно, проводники и располагать их рядом, а не один над другим (т.к. расстояние между ними удастся сделать меньше 1,5 мм – толщины диэлектрика двухслойной печатной платы).

2. Создавать трассу, где каждая сигнальная линия имеет свой обратный проводник как можно ближе друг к другу (применяется как к сигнальным проводникам, так и к проводникам питания).

3. Если взаимоиндуктивность между проводниками линии передачи недостаточна, можно использовать ферритовый тороид.

Литература

1. Электронный ресурс <http://www.soel.ru>
2. В. Семёнова «Электромагнитная совместимость и ограничения при конструировании печатных плат» Журнал "CHIP NEWS Украина" 2005. №7.
3. Владимир Ланцов «Электромагнитная совместимость импульсных источников питания, Силовая электроника, 2007. №2 .

## ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ JAVASCRIPT-ДОДАТКІВ

Щірова Є. С. ст. гр. КІ-11д

Науковий керівник доц. Щербаков Є. В.

*Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля*

*Технологічний інститут*

Метою роботи є розглядання базової структури та функціональних особливостей додатків, які розроблюються на мові програмування JavaScript з використанням мови гіпертекстової розмітки HTML та каскадних таблиць стилів CSS.

В той час, як кожен додаток є унікальним, більшість з них поділяють деякі загальні елементи, такі як інфраструктура хостингу, управління ресурсами, представлення та поведінка користувача інтерфейсу.

В даний час JavaScript є найбільш широко використовуваною мовою програмування. Майже всі, хто має комп'ютер або смартфон, має всі інструменти, необхідні для виконання та створення власних програм JavaScript. Все, що потрібно для початкового етапу розробки програм на JavaScript – це браузер і текстовий редактор.

JavaScript має дуже багаті об'єктно-орієнтовані (ОО) можливості. Стандарт JSON, використовуваний майже у всіх сучасних веб-додатках як для комунікацій так і для збереження даних, є підмножиною чудовою нотації об'єктних літералів JavaScript. JavaScript використовує модель прототипного спадкування. Замість класів використовуються прототипи об'єктів. Нові об'єкти автоматично успадковують методи та атрибути свого батьківського об'єкта через ланцюжок прототипів. Прототип об'єкта можна змінювати в будь-який момент, що робить JavaScript дуже гнучкою, динамічною мовою. Прототипне спадкування набагато більш гнучке, ніж класичне спадкування, так що в JavaScript можна імітувати всі можливості моделі ОО та спадкування на основі класів C ++ або Java, і в більшості випадків з меншою кількістю коду.

В той час як кожен додаток, написаний на JavaScript, є унікальним, більшість з них поділяють деякі загальні елементи, такі як інфраструктура хостингу, управління ресурсами, представлення та поведінка користувача інтерфейсу [4].

Інфраструктура складається з наступних компонентів:

- Сховище даних(datastore).
- Віртуальна приватна мережа (VPN) або брандмауер для захисту сховища даних від несанкціонованого доступу.
- Рівень сервісу: веб-сервіс BlackBox JSON RESTful.
- Різні API сторонніх виробників.
- Серверна частина додатка або CMS для маршрутизації запитів і доставки сторінок клієнту.
- Мережа доставки статичного контенту (CDN - contentdeliverynetwork) для кешованих файлів (наприклад, зображень, сценаріїв JavaScript, таблиць стилів CSS і клієнтських шаблонів).
- Клієнт (браузер).

Об'єктна нотація JavaScript (JSON) є відкритим стандартом, розробленим Дугласом Крокфордом. JSON являє собою підмножину синтаксису об'єктних літералів JavaScript для використання в представленні, передачі та зберіганні даних. До появи специфікації JSON більшість клієнт-серверних комунікацій здійснювалося за допомогою набагато більш багатослівних фрагментів на мові розмітки XML. Розробники програм на JavaScript використовують багато веб-сервісів, які

використовують нотацію JSON, і часто визначають внутрішні дані за допомогою синтаксису JSON.

Формат JSON майже ідентичний синтаксису об'єктних літералів мови JavaScript, з парою важливих відмінностей:

- Всі імена атрибутів та строкові значення повинні бути взяті в подвійні лапки. Інші значення можуть з'являтися в їх літеральній формі.
- JSON-записи не можуть містити циклічні посилання.
- JSON не може містити функції.

Архітектура передачі станів REST (RepresentationalStateTransfer) є архітектурою комунікацій клієнт-сервер, яка забезпечує поділ сутностей між ресурсами даних та інтерфейсами користувача (або іншими споживачами інформаційних ресурсів, такими як інструменти аналізу даних та агрегатори). Сервіси, які реалізують архітектуру REST в повному обсязі, називаються RESTful. Сервер управляє ресурсами даних (такими, як користувацькі записи), але не реалізує і не включає в себе інтерфейс користувача. Клієнти можуть вільно реалізовувати користувацький інтерфейс (або не реалізовувати) в будь-якій формі і на будь-якій мові. Архітектура REST не має справи з тим, як користувацькі інтерфейси реалізовані. Вона має справу тільки з підтриманням стану додатка між клієнтом та сервером.

Веб-сервіси RESTful використовують дієслова методів HTTP, щоб повідомити сервер, які дії має на увазі клієнт. Забезпечуються наступні дії:

- Створити новий елемент в колекції ресурсів: HTTP POST.
- Отримати представлення ресурсу: HTTP GET.
- Оновити (замінити) ресурс: HTTP PUT.
- Видалити ресурс: HTTP DELETE.

Це відповідає чотирьом базовим функціям інтерфейсу GRUD (create - створити, retrieve - отримати, update - оновити, delete - видалити), призначеного для роботи з персистентними сховищами даних.

Синтаксис JavaScript зрозумілий всім, хто має досвід роботи з такими мовами, як C++, Java, C# або PHP. Частково популярність JavaScript можна пояснити її близькістю до цих мов, хоча важливо розуміти, що внутрішньо JavaScript реалізовується зовсім інакше, ніж компілятори цих мов. JavaScript має дуже багаті об'єктно-орієнтовані (ОО) можливості. Сучасні програми JavaScript є найбільш чутливими, найбільш соціально привабливими з коли-небудь написаних. Таким чином розробники JavaScript знаходяться в центрі того, що може бути найбільшою революцією в історії обчислювальної техніки: на початку мережі Інтернет реального часу.

#### Література

1. Tiffany B. Brown, KerryButters, SandeepPanda. JumpStart HTML5. - SitePointPty. Ltd, CambridgeStreetCollingwood, 2014. – 313 p.
2. DavidFlanagan. JavaScript: TheDefinitiveGuide, SixthEdition. - O'ReillyMedia, Inc., GravensteinHighwayNorth, Sebastopol, 2011. – 1098 p.
3. LeonRevill. jQuery 2.0 DevelopmentCookbook. - PacktPublishingLtd, LiveryPlace, LiveryStreetBirmingham, 2014. – 410 p.
4. EricElliott. Programming JavaScript Applications. - O'ReillyMedia, Inc., GravensteinHighwayNorth, Sebastopol, 2014. – 253 p.



**АНАЛИЗ И ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДОВ ПРОВЕРКИ  
КАЧЕСТВА ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ**

Рисухина Д. В. КИ-11д

руководитель ст. преп. каф. КИ, Шумова Л.А.

*Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля  
Технологический институт*

Развитие информационных технологий существенно воздействует на эффективность современных систем обучения, в особенности, средств контроля результатов обучения. Наибольшая потребность в компьютерных средствах связана с проблемами обеспечения оперативного и объективного контроля в процессе обучения. Решение этих проблем во многом связано с развитием и внедрением в систему обучения современных технологий тестирования [1], основанных на применении компьютерных средств.

Такое решение требует создания системы объективной верификации применяемых комплексов тестовых заданий, то есть определения основных характеристик тестового комплекса и его применимости в качестве инструмента для контроля знаний [2]. Основой системы верификации комплексов тестовых заданий могут являться результаты тестирования репрезентативной группы с применением математических методов анализа.

Проблема исследования состоит в необходимости разработки и внедрения системы объективной верификации и отбора тестовых заданий, на основе эмпирической проверки тестовых свойств и применения статистических методов обработки данных.

Цель работы - анализ методов и программная реализация системы верификации комплексов тестовых заданий для контроля уровня знаний студентов в вузе.

В качестве инструмента для разработки системы оценки качества тестовых материалов используется язык программирования VBA в среде электронных таблиц Excel.

Особенностью системы верификации является анализ каждого тестового задания. В процессе верификации для каждого задания определяются параметры его трудности и адекватности.

Для определения меры трудности заданий последовательно рассчитываются следующие статистические показатели:

- доля правильных ответов по каждому (j-му) заданию  $p_j = R_j/N$ , где  $R_j$  - число правильных ответов, полученных по каждому заданию,  $N$  - число испытуемых в группе;

- доля неправильных ответов по каждому (j-му) заданию  $q_j = W_j/N$ , где  $W_j$  - число неправильных ответов,  $N$  - число испытуемых в группе (логично предположить, что  $p_j + q_j = 1$ );

- средний арифметический тестовый балл в данной группе испытуемых  $M_j$  (для случаев, когда используются одинаковые весовые коэффициенты значимости заданий в тесте).

Требование известной трудности оказывается важнейшим системообразующим признаком тестового задания. Если тест - это система заданий возрастающей трудности, то в нем нет места заданиям без известной меры трудности

Другим важным требованием к тестовым заданиям является вариация баллов. Если на какое-то задание правильно отвечают все тестируемые, то такое задание становится не тестовым. Испытуемые отвечали на него одинаково; между ними нет вариации.



Не тестовым надо считать и то задание, на которое нет ни одного правильного ответа. Вариация по нему также равна нулю. Нулевая вариация означает практическую необходимость удаления задания из проектируемого теста.

Мерой вариации является значение дисперсии баллов, обозначаемой символом  $s_i^2$ . Для заданий, в которых используется только дихотомическая оценка (1 или 0), мера вариации определяется по формуле:  $s_i^2 = p_i * q_i$ .

Анализ результатов тестирования репрезентативной группы позволяет определить параметр адекватности заданий по всему комплексу. Параметр адекватности задания определяется как коэффициент корреляции между результатами группы студентов по одному заданию и результатами той же группы студентов по всему комплексу. Фактически, параметр адекватности задания показывает, насколько эффективно данное задание участвует в формировании распределения студентов по уровню знаний.

Нулевая корреляция свидетельствует об отсутствии у задания системных свойств, присущих тесту. Такие задания, равно как и задания с отрицательными значениями коэффициента корреляции устраняются из тестовых материалов, как не выдержавшие эмпирической проверки.

По методике, изложенной выше, разработано приложение, представляющее систему объективной верификации и отбора тестовых заданий.

В качестве обрабатываемого материала были использованы тестовый комплекс заданий по дисциплине «Технологии проектирования компьютерных систем» и результаты тестирования уровня знаний студентов гр. КИ-11д по указанной дисциплине.

Рассматриваемый тестовый комплекс прошел необходимую процедуру верификации, которая выявила соответствие тестовых заданий поставленной задаче определения уровня теоретических знаний дисциплины. Корректировка теста путем удаления 6 вопросов увеличила среднюю трудность с 0,26 до 0,34 и соответственно привела к увеличению средней адекватности вопросов с 0,48 до 0,54.

Таким образом, разработанная система обеспечивает оперативную верификацию тестовых заданий. Основанные на статистическом анализе результатов тестирования, средства верификации позволяют определить параметры трудности и адекватности каждого задания. Внедренная в учебный процесс система верификации комплексов тестовых заданий, основанная на анализе результатов тестирования, позволяет сформировать заключения и рекомендации, как по каждому тестовому заданию, так и по комплексам в целом.

#### Литература

1. Олейник Н.М. Тест как инструмент измерения уровня знаний и трудности заданий в современной технологии обучения. Учебное пособие.: Донецк, Донецкий Государственный Университет. (<http://opentest.com.ua/test-kak-instrument-izmereniya-urovnya-znaniy/>)
2. Аванесов В.С. Композиция тестовых заданий. Учебная книга. 3-е изд., доп. — М.: Центр тестирования, 2002. — 240 с.
3. Крокер Л. Введение в классическую и современную теорию тестов : [учебник] / Л. Крокер, Дж. Алгина ; под общ. ред. В. И. Звонникова и М. Б. Чельшковой. — М. : Логос, 2010. - 668 с.

**О ТЕРМИНЕ «ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ» В СФЕРЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИКИ**

доц. Пустоветов М.Ю.

*Ростовский государственный университет путей сообщения (г. Ростов-на-Дону)*

Целью работы является попытка на основании проведения сравнительного анализа значимых публикаций в научно-технической литературе и опыта работы автора упорядочить использование термина «имитационное моделирование» в сфере электромеханики.

В настоящее время в сфере электромеханики, электропривода, электротехники весьма распространенным способом исследования процессов, явлений и режимов работы является компьютерное моделирование. Наряду с этим термином широко употребляются термины «математическое моделирование» и «имитационное моделирование». Попробуем упорядочить применение этих терминов.

В 1980-х – 1990-х гг., как можно сделать вывод из названий учебных пособий и учебников [1, 2], в электромеханике вполне достаточно было термина «математическое моделирование». Во вступительных разделах [1, 2] даны исчерпывающие толкования смысла этого термина. Основой математического моделирования является запись уравнений, передаточных функций, возможно более адекватно описывающих физический прототип. В [2] отмечено, что «особое значение имеет создание банков стандартных программ, образующих систему знаний современной электромеханики». С той поры процесс наработки банков стандартных программ, описывающих разнообразные электронные, электротехнические и электромеханические устройства привел к появлению и массовому использованию готовых шаблонов с удобным интерфейсом, в котором можно задавать значения параметров. А сами шаблоны собираются в более сложные схемы на экране ЭВМ по принципам, напоминающим сборку физических прототипов схем. Реализовано это во множестве программных пакетов САПР, к наиболее известным из которых относятся: *MatLab Simulink*, *Electronics Workbench*, *Micro-Cap*, *OrCAD* и др. Произошло и продолжается углубление разделения труда в сфере моделирования, возросла доступность моделей, усилилась дифференциация потребностей в их свойствах. В результате разветвилась терминология. Зачастую современная литература по имитационному моделированию уделяет больше внимания описанию интерфейса моделей устройств, входящих в библиотеки той или иной САПР, нежели уравнениям, описывающим физический прототип [3]. Но это вполне нормально, т.к. компьютерное моделирование – вполне практическая сфера деятельности.

По мнению автора, может быть предложена следующая трактовка понятий, используемых для описания моделей применительно к области моделирования электромеханических устройств, электрического привода на цифровых ЭВМ.

Математическая модель – описание в символьной (в виде уравнений) или графической (в виде схем) форме явления, объекта или системы объектов.

Компьютерная модель – запись математической модели с помощью какого-либо языка программирования, то есть в форме, пригодной для моделирования (решения) на ЭВМ.

Имитационная модель – компьютерная модель, позволяющая учитывать большое количество характеристик моделируемого объекта, тем самым получать в ходе вычислительных экспериментов результаты, близкие к поведению реального объекта. Применительно к области электропривода имитационная модель должна быть пригодна для решения систем дифференциальных и алгебраических уравнений.

Результаты вычислений должны быть доступны в виде мгновенных значений величин.

Рассмотрим пример. Широко известны описания пуска электродвигателя, где используется его статическая механическая характеристика. При этом пусковой момент имеет отличное от нуля значение. Статическая характеристика построена на основе средних значений момента. Такая модель не будет имитационной. Известно, что «электромагнитный момент электрической машины определяется всеми возможными комбинациями произведений токов, протекающих в контурах статора и ротора машины» [2]. То есть при пуске из отключенного состояния токи в обмотках нарастают от нуля. От нуля же изменяются их произведения и, как результат, электромагнитный момент. Получаем динамическую механическую характеристику. Такая модель может считаться имитационной.

Дополнительным желательным, но не обязательным свойством имитационной модели может быть удобство ее интерфейса, позволяющее коммутировать ее входы и выходы сходно с коммутациями входов и выходов реального физического прототипа. Например, обмотка статора трёхфазного асинхронного двигателя имеет три начала и три конца. Удобно, если в модели будет так же.

Структурные схемы являются общепринятым способом графического описания уравнений электропривода. Такой подход поддерживается рядом современных САПР, имеющих функции моделирования устройств электроники и электротехники. Но для описания импульсных преобразовательных устройств силовой электроники такой подход, будучи принципиально реализуемым, не вполне удобен, громоздок. С другой стороны, в электроприводах с импульсными полупроводниковыми преобразователями важно знать мгновенные значения токов и напряжений, так как именно они критичны для живучести полупроводниковых ключей. Для таких случаев используются возможности САПР в виде библиотек полупроводниковых элементов или идеализированных управляемых ключей. То есть компьютерная модель преобразователя описывается как разветвленная электрическая схема с управляемыми изменяемыми сопротивлениями ветвей. В этом случае может быть использовано описание, например, модели электродвигателя в виде структурной схемы. Но связь между моделью преобразователя (электрическая схема) и моделью электродвигателя (структурная схема) будет организована не совсем просто. Всякий сигнал в структурной схеме (независимо от того, аналогом какого реального физического сигнала является) представляет сигнал напряжения. Если с преобразователя на клеммы двигателя подается напряжение, то в этом смысле связь двух моделей осуществляется непосредственным соединением выхода модели преобразователя и входа двигателя. Но в проводниках двигателя и преобразователя ввиду приложения напряжений протекают токи. САПР, позволяющие организовать модель в виде электрической схемы, позволяют также различать сигналы тока и напряжения, но эта разница не доступна для модели в виде структурной схемы. Для ввода в модель – электрическую схему сигнала тока от модели - структурной схемы требуются элементы – переходники, например источник тока, управляемый напряжением.

Если же модели двигателя и преобразователя обе будут организованы по принципу электрической схемы, то достигается очень удобный для специалистов-электротехников интерфейс их взаимодействия, соединения воедино: клеммы соединяются с клеммами, токовые сигналы циркулируют в контурах. Конечно, эти процессы виртуальны, на самом деле нет никакой разницы в результате обработки сигнала интегратором, будь он изображен в виде блока структурной схемы или

индуктивности. Но для разработчика и пользователя разница существенная, появляется выбор. Наиболее продуктивные результаты при разработке моделей дает комбинированный подход: сочетание схмотехнического (в виде электрических принципиальных схем) и операционного или структурного (в виде структурных схем) принципов составления моделей [3, 4].

Существует еще один аспект термина «имитационная модель». Он зависит от постановки задачи, которая моделированием решается. Например, если в асинхронном двигателе интересуют процессы в каждом стержне беличьей клетки ротора, нельзя будет назвать имитационной такую модель, где не записаны уравнения для каждого стержня. То есть для каждой постановки задачи исследования допустима своя степень абстракции модели по сравнению с физическим прототипом. С другой стороны, модель электропривода, имеющая в своем составе модель асинхронного двигателя с описанием процессов в каждом стержне беличьей клетки, не будет имитационной, если некорректно моделируется источник напряжения, питающий этот двигатель. То есть, излишняя абстрактность одного из элементов модели системы может внести существенную погрешность в результаты расчета даже при достаточной адекватности остальных элементов.

Таким образом, чтобы считаться имитационной, модель должна быть в достаточной степени адекватной физическому оригиналу по существенным характеристикам в рамках рассмотрения конкретного исследования.

В [5] приводится система уравнений, описывающая трехфазный асинхронный двигатель в косоугольной неподвижной системе координат, именуемая имитационной моделью трехфазного асинхронного двигателя. Термин «имитационная модель» в данном случае аргументируется в [5] тем, что в установившемся динамическом режиме при питании несинусоидальным напряжением форма, частота и амплитуда колебаний скорости и электромагнитного момента машины будет неодинаковой при моделировании в ортогональных осях (двухфазная модель) и в косоугольной неподвижной системе координат (трехфазная модель). В [2] приведена вполне аналогичная модель трехфазной машины в трехфазной системе заторможенных координат. В [2] говорится, что поля в зазоре многофазной и двухфазной машин отличаются друг от друга в случаях: исследования несимметричных машин, учета пространственных гармоник, несинусоидальных напряжений. Ввиду этого приводить машину к двухфазной в этих случаях неправомерно [2].

Выделяя из списка вопрос о питании несинусоидальными напряжениями, автор настоящей статьи приглашает заинтересованных коллег к научной дискуссии. В конце 1990-х гг. автор проводил компьютерное моделирование токов и момента асинхронного тягового двигателя при низкой частоте питания от автономного инвертора напряжения в условиях неподвижного ротора. В установившемся динамическом режиме колебания электромагнитного момента по форме, частоте и амплитуде с удовлетворительной точностью совпадали при компьютерном моделировании в неподвижной ортогональной двухфазной системе координат и в неподвижной 120-градусной трехфазной системе координат. Электрическая машина принималась симметричной по конструкции и питанию. В расчет принималась лишь основная пространственная гармоника поля в зазоре. Таким образом, не удалось обнаружить отличий в результатах расчетов на двухфазной и трехфазной моделях, заявленных в [2, 5]. Также автору не известны из литературы конкретные примеры таких несоответствий. Автор считает, что было бы полезным опубликовать конкретные данные расчетов, которые пролили бы свет на данную проблему, тем

самым уточняя круг задач, для решения которых та или иная модель может использоваться в качестве имитационной.

#### Литература

1. Сипайлов Г. А., Лоос А.В. Математическое моделирование электрических машин (АВМ): Учебное пособие для студентов вузов. – М.: Высш. школа, 1980. – 176 с.
2. Копылов И. П. Математическое моделирование электрических машин: Учеб. для вузов по спец. «Электромеханика». 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1994. – 318 с.
3. Черных, И. В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 288 с. (Серия «Проектирование»).
4. Пустоветов, М. Ю. Компьютерное моделирование асинхронных двигателей и трансформаторов. Примеры взаимодействия с силовыми электронными преобразователями/ М.Ю. Пустоветов, К.П. Солтус, И.В. Синявский // – Saarbrücken, Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 209 с.
5. Фираго, Б.И. Регулируемые электроприводы переменного тока / Б.И. Фираго, Л.Б. Павлячик. – Мн.: Техноперспектива, 2006. – 363 с.

### **ЖИЗНЕННЫЕ ЦИКЛЫ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ ПЛАТФОРМ**

Кузьменко Е. Ю., ст. гр. КИ-11д

Научный руководитель доц. Щербаков Е. В.

*Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля  
Технологический институт*

Целью работы является исследование жизненных циклов приложений для мобильных платформ.

Разработка приложений для мобильных устройств во многом сходна разработке для других платформ. Однако, мобильные устройства имеют операционные системы (ОС), которые управляют приложениями не так, как это делается с программами для традиционных платформ. Мобильные приложения имеют доступ к датчикам окружающей среды, которые не доступны в ноутбуках и настольных компьютерах, имеют ограничения на использование источника питания, имеют гораздо меньший экран. В статье дается обзор вопросов проектирования, связанных с этими различиями и обсуждаются основные различия между ОС iOS и ОС Android, которые влияют на разработку программ.

Основная техническая разница между операционными системами мобильных устройств и операционных систем, используемыми в ноутбуках и настольных компьютерах, заключается в том, что мобильная операционная система не является по-настоящему многозадачной системой.

На мобильных устройствах только одно приложение может быть активным в одно и то же время. Когда другое приложение запускается или приложение прерывается другим приложением (например, по телефонному звонку), приложение, работавший, переводится в фоновый режим и остается в этом режиме, пока пользователь не обратится к нему снова. Если приложение остается в фоновом режиме слишком долго или если доступной памяти становится слишком мало, операционная система может его удалить.

Последовательность переходов между различными состояниями приложения называется его жизненным циклом. Программы для ОС Android и ОС IOS имеют свои специфические жизненные циклы. Жизненный цикл базируется на взаимодействии пользователя с приложением и необходимости операционной системы в памяти и

других вычислительных ресурсах. Когда пользователь взаимодействует с устройством, он может переключаться между различными приложениями или различными внешними представлениями одного и того же приложения. Когда это происходит, приложение проходит через различные состояния, требуя от разработчика, чтобы он управлял этими переключениями без потерь данных пользователя и без ненужных пользователю задержек в реализации его задач.

Глубокое понимание жизненного цикла приложения и его тщательное проектирование чрезвычайно важны для разработки успешных мобильных программ.

**Жизненный цикл Android.** Чтобы понять жизненный цикл приложения Android сначала полезно осмыслить состояния, в которых может находиться приложение Android, с точки зрения пользователя.

Когда пользователь прикасается к значку приложения, приложение запускается на исполнение и становится видимым для пользователя. В то время, когда приложение видим на экране, пользователь может взаимодействовать с ним. Это состояние рассматривается как состояние выполнения приложения.

При взаимодействии с приложением пользователь может переключиться на всплывающее окно или он может отвлечься и не прикасаться к экрану в течение какого-то периода времени. Если пользователь прекращает работу с приложением на какой-то более-менее заметный период времени, приложение затемняется, хотя он все еще будет частично видимым. В любом из этих двух случаев приложение переходит в состояние паузы. Если пользователь закрывает всплывающее окно или притрагивается к экрану, приложение становится полностью видимым и снова переходит в состояние выполнения.

Если пользователь не притрагивается к экрану в течение более длительного периода времени, в результате чего экран становится черным, или же пользователь запускает другое приложение, так что начальный приложение становится невидимым, он переходит в состояние остановки. Если пользователь включает экран или использует кнопку «Назад», чтобы вернуться к первому приложения, приложение снова входит в состояние выполнения.

Приложение может достаточно долго находиться в состоянии остановки. Однако, если устройство перезагружается или пользователь запускает ряд других приложений прежде чем вернуться к первому приложения, это приложение может быть удален операционной системой, чтобы высвободить ресурсы для других приложений, с которыми пользователь действительно взаимодействует.

Для разработки приложения, который хорошо работает в соответствии с приведенной моделью использования, разработчики должны хорошо понимать, что происходит, когда приложение входит и выходит из этих состояний, а также то, как программируется каждый из этих моментов. Для этого и требуется понимание жизненного цикла Android.

Жизненный цикл приложения Android начинается, когда пользователь притрагивается значка приложения. Такое касание вызывает на выполнение метод `onCreate ()` режим ожидания (в терминологии Android, активности) приложения. Этот метод включает в себя код для отображения на экране всех элементов, включенных в разметку этой активности. Разработчик должен дополнить этот метод кодом, который инициализирует переменные и объекты разметки до значений, необходимых, чтобы пользователь начал взаимодействовать с приложением.

Сейчас после того, как активность стартовала, выполняется метод `onResume ()`. Этот метод также не обязательно реализовывать, но это очень полезно делать, чтобы вернуть приложение в состояние выполнения, в котором он был до перехода в

состояние паузы. Это, в частности, относится к системным службам, используемых приложением (например, служб GPS или камеры), перезапуска анимации, а также к любым другим настроек, необходимых, чтобы восстановить работу пользователя с приложением.

Когда пользователь окончательно останавливает взаимодействие с приложением, начинается ветвь его удаления. Ни один из методов, выполняемых на ветке удаления, не являются обязательными для реализации. Однако, они часто оказываются полезными и поэтому их нужно тщательно рассмотреть на предмет реализации.

Первый исполняемый метод - это метод `onPause ()`. Этот метод должен использоваться для остановки используемых приложением служб, для остановки анимации, для сохранения важной информации о состоянии с тем, чтобы пользователь мог возобновить использование приложения из того состояния, в котором он его оставил.

Если приложение собирается стать невидимым, вызывается на выполнение метод `onStop ()`. Этот метод должен гарантировать, что все важные данные приложения переданы на постоянное хранение для того, чтобы они не потерялись, когда системные ресурсы данного приложения будут перераспределены между прочим приложениям.

Наконец, если приложение перезагрузки перед увольнением всех ресурсов приложения операционной системой вызывается на выполнение метод `onDestroy ()`. Это последний шанс для сохранения важных данных программы перед их уничтожением.

Жизненный цикл iOS. Жизненный цикл iOS подобный жизненному циклу Android. Однако, для достижения по существу тех же самых целей iOS использует как жизненный цикл приложения, так и жизненный цикл экранов (в терминологии iOS, представлений). Как и для Android, жизненный цикл iOS начинается, когда пользователь прикасается к значку приложения. Метод приложения `didFinishLaunchingWithOptions`: подобный методу `onCreate()` активности в Android. Однако, в iOS этот метод используется для настройки рабочего окружения всего приложения, а не одной конкретной активности, как в Android.

Когда приложение прерывается, выполняется метод `applicationWillResignActive`, что является аналогичным тому, когда выполняется метод `onPause()` в Android. Наконец, когда приложение больше не видим, выполняется метод `applicationDidEnterBackground`. Как и в Android, коды этих методов должны использоваться для остановки служб и сохранения важных пользовательских данных перед их вероятной потерей.

В отличие от Android, iOS имеет отдельные жизненные циклы для отображаемых экранов, называемых контроллерами представлений (`ViewControllers`). Жизненный цикл представления начинается после того, как система завершит загрузку приложения или когда пользователь перейдет на другую страницу приложения.

После загрузки представления в памяти выполняется метод `viewDidLoad`. Этот метод выполняется только один раз, если представление остается в памяти. В этом методе должен быть код, который устанавливает исходное состояние представления.

После загрузки представления в память и перед тем, как представление станет видимым пользователю, выполняется метод `viewWillAppear`. Код в этом методе должен использоваться для загрузки в представление всех данных, которые должен видеть пользователь, и запуска служб, которые нужны пользователю для

взаимодействия с приложением. Этот метод выполняется каждый раз, когда представление вновь появляется на экране устройства.

Так же как и в Android, если приложение прерывается или пользователь не взаимодействует с устройством в течение какого-то периода времени, или при переходе пользователя к другому представлению того же приложения, представления отходит на задний план. Непосредственно перед тем, как это случается, выполняется метод `viewWillDisappear`: Код этого метода должен остановить службы и сделать все необходимые шаги для сохранения данных. Если какой-то период времени пользователь не обращается к представлению, которое находится на заднем плане, iOS может забрать и перераспределить вторым его ресурсы.

Понимание и правильное кодирование методов, связанных с жизненным циклом приложений, гарантирует хорошее восприятие пользователями разрабатываемых приложений. Таким образом, время, потраченное разработчиком тщательного изучения и проектирования жизненного цикла приложений, быстро окупится, потому что денежные и временные затраты на разработку неудачных или непопулярных приложений существенно сократятся.

#### **Литература:**

1. Щербаков Е.В., Щербакова М.Е., Жалоба-Бандуров И.С. Диалоговые средства системного программирования: Учебное пособие. - Луганск: Изд-во ВНУ им. В.Даля, 2010. - 408 с.
2. Jakob Iversen, Michael Eierman. Learning Mobile App Development. A Hands-on Guide to Building Apps with iOS and Android. - Pearson Education, Inc., New Jersey, 2014. - 464 pp.
3. Marko Gargenta, Masumi Nakamura. Learning Android, Second Edition. - O'Reilly Media, Inc., 1005 Gravenstein Highway North, Sebastopol, 2014. - 288 pp.
4. Щербаков Е.В., Щербакова М.Е. Языковые средства системного программирования: Учебное пособие. - Луганск: Изд-во ВНУ им. В.Даля, 2006.-376с.
5. Matt Neuburg. Programming iOS 7, Fourth Edition. - O'Reilly Media, Inc., 1005 Gravenstein Highway North, Sebastopol, 2014. - 929 pp.

### **ПРОБЛЕМА ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В ТЕЛЕКОМУНИКАЦИИ. ФИШИНГ**

Бондаренко А.С. ст.гр. РЭА-12д

Научный руководитель доц. Самойлова Ж.Г.

*Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля*

*Технологический институт*

Целью работы является исследование защиты телекоммуникационных сетей от «фишинга».

В телекоммуникационной системе можно выделить три варианта воздействия на информацию:

- Задержка в передаче информации. Телекоммуникационная система может обеспечить абсолютно достоверную передачу информации, но время ее передачи может оказаться столь длительным, что она потеряет свою актуальность для потребителя.

- Искажение или нарушение целостности информации. При этом часть информации может быть утеряна, подменена другой информацией, либо к исходной информации может быть добавлена информация, искажающая исходную (например, вирусы).

- Несанкционированный доступ к информации, т.е. нарушение конфиденциальности информации[1].



Фишинг – (от англ. fishing – рыбная ловля, выуживание) – вид интернет мошенничества с использованием социальной инженерии для получения доступа к конфиденциальной информации пользователей – логинам и паролям[2].

Одним из видов фишинга может быть массовая рассылка от имени какого либо банка или сервиса, с просьбой отправить в ответ ваши данные, т.к. это необходимо например для проверки безопасности или еще чего-либо (в основном такие запросы очень правдоподобны и доверчивые пользователи отправляют свои данные не задумываясь).

Другой вид фишинга это подделка сайта оригинала - фишеры регистрируют доменные имена, совпадающие с именами известных компаний, в которых часть латинских букв заменена на буквы национальных алфавитов, о чем мы будем говорить, рассматривая проблему внедрения кириллицы в доменной адресации. Однако еще до появления многоязычных доменов фишеры успешно обманывали пользователей, заменяя, например, символ «I» на цифру «1».

Средства Phishing-мошенничества с каждым днем продолжают расти не только количественно, но и качественно. В отчете за январь 2007 года по данным Anti-Phishing Working Group ([www.anti-phishing.org](http://www.anti-phishing.org)) приводятся следующие цифры:

- Количество уникальных фишинговых атак - 29930
- Количество уникальных фишинговых сайтов - 27221
- Количество торговых марок, похищенных фишерами в январе - 135
- Страна, в которой в январе было открыто максимальное количество фишинговых сайтов - Соединенные Штаты Америки
- Количество сайтов, содержащих некоторую часть подлинного имени сайта в адресе - 24.5 %[4]

Способы доставки фишинговых сообщений можно разделить на следующие группы:

✓ *Электронная почта и спам.* Используя методы и инструментальные средства спамеров, фишеры могут разослать специальные сообщения на миллионы адресов электронной почты в течение нескольких часов (или минут, если задействовать распределенные бот-сети).

✓ *Фишинг-атаки с использованием web-контента.* Следующий метод фишинг-атак заключается в использовании вредоносного содержимого web-сайта. Этот контент может быть включен в сайт фишера, или сторонний сайт.

✓ *Фальсификация рекламных баннеров.* Реклама с помощью банера - очень простой метод фишинга. Он может использоваться для переадресации клиента на поддельный сайт организации.

✓ *IRC и передача IM-сообщений.* Так как эти каналы связи все больше нравятся домашним пользователям, и вместе с тем в данное программное обеспечение включено большое количество функциональных возможностей, число фишинг-атак с использованием этих технологий будет резко увеличиваться.

✓ *Использование троянских программ.* В данном случае, фишеры не только вытягивают из жертвы необходимую информацию, но и в дальнейшем используют ее компьютер для рассылки новых писем[3].

В результате проведенных нами исследований, можно говорить о том, что в данный момент существует только один метод защиты от фишинга - прекратить пересылку конфиденциальной информации через незащищенные каналы связи. Но на сегодня это выглядит нереальным. С развитием глобальных сетей и внедрением новых телекоммуникационных технологий решение проблем безопасности телекоммуникационных систем не может быть осуществлено потребителем услуг,

оператором связи или даже целой страной. Это под силу только всему мировому сообществу. Постоянно создаются новые средства и способы информационной безопасности, системы шифрования, защиты от вторжений, распознавания и т.д. Однако ситуация обостряется тем, что необходимо обеспечить баланс между основополагающими правами граждан и интересами общества, а в разных странах свое понимание этих прав и интересов. Определенный шаг по унификации требований был сделан в Будапеште в ноябре 2001 года, где была принята Конвенция о компьютерных преступлениях[5].

Используемые источники:

- [1]. <http://www.osp.ru/win2000/2008/02/4887833>
- [2]. <http://www.microsoft.com/ru-ru/security/online-privacy/phishing-scams.aspx>
- [3]. <http://it-web-log.ru/2012/02/fishingovaya-ataka>
- [4]. <http://www.kaspersky.ru/internet-security-center/threats/spam-phishing>
- [5]. <http://www.asterisk.by/node/819>

## ПРИЛАДИ СУПУТНИКОВОГО ТЕЛЕБАЧЕННЯ. ПЕРЕМИКАЧ КОНВЕРТОРІВ

Сухотін А.В. ст.гр. РЕА-10з.сп.

Научний керівник доц. Герасименко Е.П.

*Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля  
Технологічний інститут*

Метою роботи є розробка корпусу перемикача конверторів супутникового телебачення

Розроблюваний пристрій є перемикачем СВЧ – сигналу від одного із двох супутникових конверторів до ресивера та живлення конвертора, перемикача й передачі сигналу керування поляризацією в іншому напрямку від ресивера до супутникового конвертора. Тобто, це комутатор, що має кілька входів і один вихід. Залежно від того, який канал обраний на ресивері, DiSEqC підключає до нього ту чи іншу антену і від'єднує всі інші (рис 1 ÷ 3).

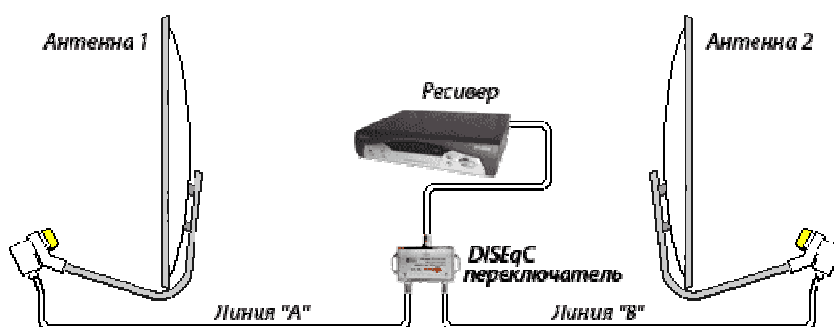


Рис. 1 Підключення двох конверторів різних антен до ресиверу

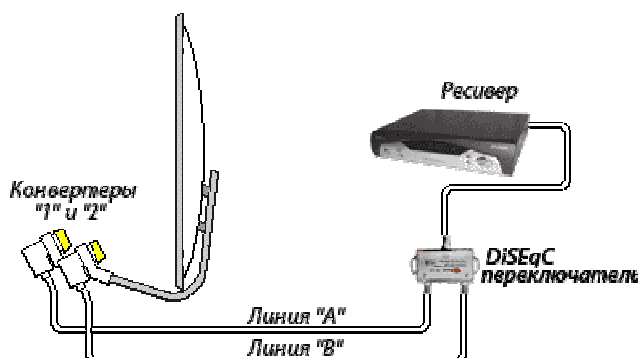


Рис. 2 Підключення двох конверторів однієї антени до ресиверу

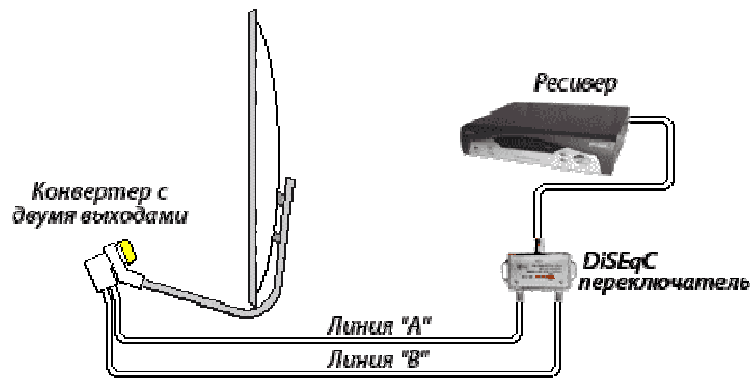


Рис. 3 Підключення подвійного конвертору до ресиверу

DiSEqC (Digital Satellite Equipment Control) - спеціальний протокол зв'язку для обміну даними між супутниковим ресивером та іншими пристроями - такими, як перемикачі, поляризатори, позиціонери. Для передачі сигналу використовується коаксіальний кабель з хвильовим опором 75 Ом. Режим обміну даними через кабель - одне або двосторонній з можливістю подачі живлення. Стандартом передбачена сумісність з традиційним перемиканням напруги 13/18 вольт і тоном 22 кГц.

Протокол DiSEqC використовується для управління різною периферією в прийомних системах супутникового ТБ. Це позиціонери, перемикачі та навіть конвертори (LNB), які не стали популярними (йдеться про керовані по протоколу 1.0 конвертори). Команди DiSEqC передаються по лінії постійної живлячої напруги 12 - 20 В за допомогою тонових посилок частотою 22 кГц ( $\pm 20\%$ ) і номінальною амплітудою 650 мВ ( $\pm 250$  мВ) при напрузі живлення 13/18 В. Враховуючи втрати в кабелі і допустимі похибки, детектор DiSEqC - пристрою повинен зберігати працездатність при зниженні амплітуди до 300 мВ. Максимально рекомендована амплітуда становить 1 В. Для того, щоб детектор не реагував на перешкоди, він не повинен реагувати на тонові посилок амплітудою менше 100 мВ. DiSEqC використовує для передачі широтно - імпульсну модуляцію, при якій від ширини обвідних імпульсів залежить переданий біт. Час передачі одного біта складає 1,5 мс і умовно розділене на 3 рівні частини по 500 мкс ( $\pm 100$  мкс). Для біта "0" ширина обвідної становить 1,0 мс, що відповідає 22 імпульсам, а для біта "1" ширина обвідної становить 0,5 мс, а це 11 імпульсів.

Стандарт визначає кілька рівнів, на яких можуть працювати пристрої DiSEqC. Кожен рівень передбачає набір формованих / виконуваних команд і можливостей. Ці рівні сумісні «вниз», тобто ресивер з підтримкою більш високого рівня зобов'язаний працювати з периферійним пристроєм більш низького рівня. На ділі це правило виконується не завжди. Наприклад, майже всі сучасні цифрові ресивери підтримують DiSEqC 1.2 (робота з позиціонером) і при цьому не підтримують DiSEqC 1.1 (робота з розширеним набором перемикачів). Інший виняток з правила: будь який ресивер, що підтримує DiSEqC 1.0, повинен підтримувати і перемикач Tone Burst - насправді, добра половина ресиверів не можуть працювати з цим перемикачем.

Згідно з вимогою завдання треба спроектувати друковану плату перемикача конверторів, але для надання модулю РЕА закінченого вигляду плату треба додатково встановити в герметичний металевий корпус для захисту від впливу радіації, вологи та зовнішніх перешкод з габаритними розмірами  $50 \times 25 \times 15$  мм<sup>3</sup>.

Розроблюваний модуль відноситься до класу "Апаратура електронна побутова", IV групи "Апаратура, що працює на відкритому повітрі", категорії розміщення КР-1.1 та використовується в нормальних кліматичних умовах. В

якості нормальних кліматичних умов приймають: температуру оточуючого повітря  $15 \div 35^{\circ}\text{C}$ , відносну вологість  $45 \div 75\%$ ; атмосферний тиск  $84 \div 107$  кПа. Задамо додатково експлуатацію електронного виробу з основним кліматичним виконанням П - для районів з помірним кліматом із середньорічними екстремумами температури  $\pm 45^{\circ}\text{C}$ , а також на відкритому повітрі біля супутникової антени.

Для підключення к модулю коаксіального ВЧ – кабелю з хвильовим опором 75 Ом від супутникових конверторів і далі до ресивера треба передбачити три СВЧ – роз'єми типу F. Для стаціонарної експлуатації виробу на корпусі встановимо два отвори кріплення під гвинти M4.

Орієнтуючись останніми досягненнями в технології виготовлення електронних компонентів і виробництва електронних блоків, розмістимо навісні елементи друкованої плати поверхневим монтажем без використання наскрізних отворів. У цьому випадку призначені до установки елементи розміщуються на друковану плату за допомогою робота, закріплюються на ній спеціальною пастою й потім піддаються одночасній пайці по всій поверхні плати. Для якісного застосування SMD - технології варто максимально скоротити кількість компонентів, призначених для традиційної установки в наскрізних отворах.

Друкована плата експлуатується в умовах СВЧ – діапазону, тому повинна мати мінімальні габаритні розміри  $45 \times 20$  мм<sup>2</sup>. Застосуємо багатошарову друковану плату, при виготовленні якої буде використаний комбінаційний позитивний метод. Також передбачимо екранування шарів від впливу перехресної перешкоди за допомогою внутрішніх екранів “живлення” та “землі”.

Корпус модулю та кришку виготовляємо методом гнуття із застосуванням пресу з листа легованої деформованої латуні марки ЛАЖ60-1-1. Букви і цифри позначають назву і кількість легуючого елемента: латунь з 60% Cu, леговану алюмінієм в кількості 1% і залізом в кількості 1%. Вміст Zn визначається по різниці від 100%. Герметизацію корпусу модуля здійснюємо зварюванням основи і кришки корпусу блоку за допомогою паяного з'єднання корпусу з кришкою модуля за допомогою ущільнювальної прокладки. Відстань по всьому периметру з'єднання заповнюється легкоплавким припоєм ПОС - 61. Паяні з'єднання дозволяють здійснювати демонтаж (розтин корпусу) блоку до трьох разів. Для запобігання порушення герметичності блоку зовнішня поверхня паяного з'єднання не повинна бути настановною поверхнею блоку, всі елементи кріплення блока повинні розташовуватися на максимально можливій відстані від паяного з'єднання. Тому розташовуємо кришку блоку нижче від бортів на 2 мм у всередину корпусу.

Згідно з цими вимогами був виготовлений герметичний корпус з латуні, який відпрацював вже третій сезон та позитивно зарекомендував себе.

## НАСТРОЙКА ПЕРСЕПТРОННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ПОСРЕДСТВОМ MATLAB

Ключко Т.В. ст.гр. РЭА-12д

Научный руководитель доц. Самойлова Ж. Г.

*Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля  
Технологический институт*

Целью данной работы является изучения и освоение способов настройки персептронных нейронных сетей посредством программы Matlab.

Настройка параметров (обучение) персептрона осуществляется с использованием обучающего множества. Обозначим через  $p$  вектор входов персептрона, а через  $t$  – вектор соответствующих желаемых выходов. Цель

обучения – уменьшить погрешность  $e = a - t$ , которая равна разности между реакцией нейрона  $a$  и вектором цели  $t$ .

Правило настройки (обучения) персептрона должно зависеть от величины погрешности  $e$ . Вектор цели  $t$  может включать только значения 0 и 1, поскольку персептрон с функцией активации `hardlim` может генерировать только такие значения.

При настройке параметров персептрона без смещения и с единственным нейроном возможны только три ситуации:

1. Для данного вектора входа выход персептрона правильный ( $a = t$  и  $e = t - a = 0$ ), и тогда вектор весов  $w$  не претерпевает изменений.

2. Выход персептрона равен 0, а должен быть равен 1 ( $a = 0$ ,  $t = 1$  и  $e = t - 0 = 1$ ). В этом случае вход функции активации  $W^T p$  отрицательный и его необходимо скорректировать. Добавим к вектору весов  $w$  вектор входа  $p$ , и тогда произведение  $(w^T + p^T) p = w^T p + p^T p$  изменится на положительную величину, а после нескольких таких шагов вход функции активации станет положительным и вектор входа будет классифицирован правильно. При этом изменяется настройка весов.

3. Выход персептрона равен 1, а должен быть равен 0 ( $a = 1$ ,  $t = 0$  и  $e = t - 0 = -1$ ). В этом случае вход функции активации  $w^T p$  положительный и его необходимо скорректировать. Вычтем из вектора

весов  $w$  вектор входа  $p$ , и тогда произведение  $(w^T - p^T) p = w^T p - p^T p$  изменится на отрицательную величину, а после нескольких таких шагов вход функции активации станет отрицательным и вектор входа будет классифицирован правильно. При этом изменяется настройка весов.

Теперь правило настройки (обучения) персептрона можно записать, связав изменение вектора весов  $\Delta w$  с погрешностью  $e = t - a$ :

$$\Delta w = \begin{cases} 0, & \text{если } e = 0; \\ p^T, & \text{если } e = 1; \\ -p^T, & \text{если } e = -1. \end{cases}$$

Все три случая можно описать одним соотношением  $\Delta w = (t - a) p^T = e p^T$ .

Можно получить аналогичное выражение для изменения смещения, учитывая, что смещение можно рассматривать как вес для единичного входа:

$$\Delta b = (t - a) 1 = e.$$

В случае нескольких нейронов эти соотношения обобщаются следующим образом:

$$\begin{cases} \Delta W^T = (t - a) p^T; \\ \Delta b = (t - a) = e. \end{cases}$$

Тогда правило настройки (обучения) персептрона можно записать в следующей форме:

$$\begin{cases} W^{Tnew} = W^{Told} + e p^T; \\ b^{new} = b^{old} + e. \end{cases}$$

Описанные соотношения положены в основу алгоритма настройки параметров персептрона, который реализован в ППП Neural Network Toolbox в виде функции `learnp`. Каждый раз при выполнении функции `learnp` будет происходить перенастройка параметров персептрона, и, если решение существует, то процесс обучения персептрона сходится за конечное число итераций. Если смещение не используется, то функция `learnp` ищет решение, изменяя только вектор весов  $w$ . Это

приводит к нахождению разделяющей линии, перпендикулярной вектору  $w$ , которая должным образом разделяет векторы входа.

Рассмотрим простой пример персептрона с единственным нейроном и двухэлементным вектором входа

```
clear, net = newpr([-2 2;-2 2],1);
```

Определим смещение  $b$  равным 0, а вектор весов  $w$  равным  $[1 \ -0.8]$

```
net.b{1} = 0;
```

```
w = [1 -0.8]; net.IW{1,1} = w;
```

Обучающее множество зададим следующим образом:

```
p = [1; 2]; t = [1];
```

Моделируя персептрон, рассчитаем выход и ошибку на первом шаге настройки:

```
a = sim(net,p), e = t-a
```

```
a=0, e=1.
```

Используя функцию настройки параметров `learnp`, найдем требуемое изменение весов:

```
dw = learnp(w,p,[ ],[ ],[ ],[ ],e,[ ],[ ],[ ])
dw = 1
```

```
dw = 1
```

Тогда новый вектор весов примет вид:

```
w = w + dw
```

```
w = 2000
```

Описанные выше правило и алгоритм настройки (обучения) персептрона гарантируют сходимость за конечное число шагов для всех задач, которые могут быть решены с использованием персептрона. Это в первую очередь задачи классификации векторов, которые относятся к классу линейно отделимых, когда все пространство входов можно разделить на две области некоторой прямой линией, в многомерном случае – гиперплоскостью.

Литература

1. Медведев В. С. Нейронные сети / В. С. Медведев, В. Г. Потемкин. – М.: Диалог МИФИ, 2002.
2. Дьяконов В. П. MATLAB 5.3.1 с пакетами расширений / В. П. Дьяконов, И. В. Абраменкова, В. В. Круглов. – М: Нолидж, 2001.
3. Комашинский В. И. Нейронные сети и их применение в системах управления и связи / В. И. Комашинский, Д. А. Смирнов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2002.

## ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИКУМА ПО СИСТЕМАМ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ И РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ

Смолий В.В.

*Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля  
Технологический институт*

При реализации лабораторного практикума ставится задача исследования различных факторов, влияющих на качество выполняемых операций и получаемых результатов, а так же ознакомление с этапами конвейера преобразований.

Актуальность работы определяется тем, что использование средств автоматизированной обработки визуальной информации является на сегодня одним из активно развивающихся направлений в области компьютерной техники. Такие системы широко используются как в различных отраслях промышленности -наличие и идентификация объектов в поле зрения, задачи навигации, контроля качества и т.д., так и в бытовой сфере – как компоненты «смарт»-систем «умного дома», систем

управління аудіо- і відео, компонентів систем «комфортної середовища» для інвалідів. Однак процеси, реалізувані в таких системах, є типовими незалежно від їх призначення. Ступінь розуміння розробником цих процесів визначає ефективність приймаваних проектних рішень при реалізації аудіо-візуальних інформаційно-керувальних систем.

Формування розуміння цілісної системи перетворень в системах обробки зображень є основною задачею курсу «Системи обробки зображень і розпізнавання образів». Основний конвеєр формується з етапів введення візуальної інформації, квантування, покращення, стиснення, бінаризації, мінімізації, розпізнавання.

Введення візуальної інформації здійснюється, як правило, апаратними засобами, реалізуючими так же і задачу квантування. Основні принципи і теоретичні основи розглядаються на практичних заняттях.

Покращення візуальної інформації здійснюється, в основному, методами скользящей фільтрації. Матриці, реалізуючі фільтри, визначаються розв'язуваними завданнями. Цьому етапу відповідає одна лабораторна робота, розв'язуюча завдання ознайомлення з принципами роботи скользящих фільтрів, їх впливом на зображення і його характеристики.

Методи і базові алгоритми стиснення детально розглядаються в ході практичних занять.

В процесі бінаризації і мінімізації основною задачею є локалізація об'єкта і виділення його контуру або скелета. Основа для вибору порога бінаризації є гістограма, а локалізація об'єктів здійснюється по горизонтальному і вертикальному яскравісним зрізам. Лабораторна робота дозволяє познайомитися з цими інструментами і дослідити вплив вибору порога бінаризації на кінцевий результат.

Методи виділення контуру розглядаються на практичних заняттях.

Першою задачею, з методами рішення якої знайомляться в ході лабораторної роботи, в процесі розпізнавання образів є побудова опису контуру.

Така структура практикума дозволяє розглянути основні етапи перетворення інформації в системах обробки зображень і розпізнавання образів, а так же з їх особливостями.

## **СТАН ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФАХІВЦЯМИ З СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ В УКРАЇНІ**

Гречишкін Є.В. учень 10 класу

Науковий керівник: учитель вищої категорії, «Учитель-методист» Гречишкін В.І.

*Новоайдарська школа-гімназія (сmt. Новоайдар)*

У статті проаналізовано стан забезпечення фахівцями з системи технічного захисту інформації в Україні на основі аналізу напрямів підготовки у вищих навчальних закладах України.

**Постановка проблеми та її актуальність.** В умовах розвитку інформаційного суспільства України передбачено використання інформаційно-комп'ютерних технологій в усіх сферах суспільного життя, створення загальнодержавних інформаційних систем, проблемою для України є необхідність створення системи технічного захисту інформації для цих систем.

**Аналіз досліджень та публікацій.** Питання підготовки фахівців із інформаційної безпеки стало предметом наукових дискусій у рамках робіт таких вчених, як Г. Лазарева, С. Кльоцкіна, В. Хорошка, О. Богданова, О. Доданова,



О. Корнейко, В. Мохора, М. Бондаренка, І. Горбенка, О. Мельникова, Ю.Зінковського, В. Кліменка, Г. Маклакова, Є. Рижкова.

Проте зазначені дослідження та наукові праці містять лише методологію підготовки фахівців із захисту інформації. Проблемою є підготовка висококваліфікованих фахівців, які мають ціннісні, моральні орієнтації та психологічну стійкість до протиправних дій в сфері інформаційної безпеки. Ця проблема в Україні залишається практично не дослідженою.

**Метою** нашого дослідження є визначення стану забезпечення фахівцями з системи технічного захисту інформації в Україні на основі аналізу напрямів підготовки до вищих навчальних закладів України, а також тестувань студентів щодо мотивації до вибору спеціальності.

**Виклад основного матеріалу.** Основні цілі, принципи та напрямки системи захисту інформації України визначені в Концепції Національної безпеки України [1] та Концепції технічного захисту інформації в Україні [2]. Складова національної безпеки визначається взаємодією багатьох факторів, серед яких провідне місце займає «фактор людини». Людина є основним носієм і користувачем інформації, вона ж є основним суб'єктом і об'єктом інформаційної боротьби. Для захисту інформації потрібно вищим навчальним закладам готувати професіональні кадри.

Згідно з аналітичним звітом компанії «PRO CONSULTING», обсяг українського ринку експорту ІТ-послуг у 2014 р. становив 11643 млн. дол. США, частка експорту в загальному обсязі ІТ-послуг складає приблизно 62,5 % [3], в Україні працює близько 300 компаній, що займаються експортом комп'ютерного програмного забезпечення, ринок праці щорічно поповнюється 30 тис. випускників вузів, які володіють знаннями у сфері ІТ-технологій [4].

Перші наукові дискусії щодо підготовки фахівців із захисту інформації з'явилися в 2000–2001 роках. Для створення науково-педагогічних шкіл певної спрямованості, як свідчить досвід, необхідно приблизно 10-15 років із створенням у вищих навчальних закладах відповідної навчально-матеріальної бази, інфраструктури для забезпечення повсякденної діяльності тощо.

Відповідно до Всеукраїнського рейтингу вузів сьогодні ІТ-фахівців готують майже 102 навчальних закладів України [5]. Всі навчальні заклади мають напрям підготовки «Комп'ютерні системи та мережі», «Системна інженерія» та ін.

Постановою Кабінету Міністрів України від 24 травня 1997 р. № 507, був визначений напрям підготовки 1701 «Інформаційна безпека». В нього входять такі напрями підготовки, як: безпека інформаційних і комунікаційних систем, системи технічного захисту інформації та управління інформаційною безпекою. Провідними вузами з підготовки фахівців напряму 1701 «Інформаційна безпека» в Україні є: Національний авіаційний університет; Національний технічний університет України (НТУУ «КПІ»); Національна академія Служби безпеки України; Київський національний університет імені Т. Г. Шевченка; Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій (м. Київ); Харківський національний університет радіоелектроніки; Національний гірничий університет (м. Дніпропетровськ); Запорізький національний технічний університет; Національний університет внутрішніх справ (м. Харків) та ін. [6].

Таким чином, тільки 9% технічних вузів України готують фахівців із системи технічного захисту інформації. Організація підготовки вищезгаданих фахівців потребує викладання різних розділів фундаментальних і прикладних знань як інженерних, так і гуманітарних дисциплін, забезпечує відповідність рівня підготовки



цих фахівців на рівні розвитку інформаційних технологій та міжнародного і національного інформаційного законодавства.

Так, дослідник Г Маклаков провів тестування студентів вузів, які навчалися за спеціальностями: «Комп'ютерні системи та мережі» та «Захист інформації в комп'ютерних системах та мережах». Тестування виявило не тільки вкрай низький рівень знань інформаційного законодавства, а й мотивацію студентів до вибору спеціальності:

- 38% опитаних вважають за необхідне використовувати знання технології «хакерських атак» для побудови ефективного захисту;
- 17% опитаних хочуть вивчати методи здійснення комп'ютерних злочинів з метою заробітку на зломі інформації;
- 13% опитаних допускають можливість здійснення протиправних діянь при необхідності помститися кривдникам.

Опитування студентів щодо ставлення до поняття «хакер» показало, що лише 37 % опитуваних вважають такі дії злочинними, а 63 % - вважають його борцем за справедливість, фахівцем найвищої кваліфікації.

Результат опитування студентів свідчить про формування прихованої злочинності в галузі інформаційних технологій, тобто майбутній фахівець із захисту інформації може бути потенційним комп'ютерним злочинцем [7].

Для фахівців у сфері державної та військової безпеки визначені додаткові вимоги щодо прийому до вищих навчальних закладів, а до підготовки цивільних фахівців у сфері інформаційної безпеки аналогічних вимог не визначено.

На наш погляд, доцільно в цивільних вузах доповнити умови прийому студентів за напрямками галузі знань 1701 «Інформаційна безпека» такими тестами професійного відбору:

1. Тест «Мотивація» - оцінка мотиваційних аспектів особистості. Оцінюється мотив вибору професії, стійкість професійної спрямованості, ціннісні та моральні орієнтації.

2. Тест «Психологічна спадковість» - оцінка психологічної стійкості особистості. Оцінюється психологічна стійкість особистості до протиправних дій.

3. Тест «Творчий потенціал» - оцінка пізнавальної активності абітурієнта. Оцінюється рівень розвитку пізнавальних здібностей особистості, які визначають не тільки успішність отримання нових знань, умінь і навичок, але й здатності до застосування їх у практичній діяльності.

4. Тест «Цілеспрямованість» - оцінка активності особистості в досягненні певної мети. Оцінюється вміння об'єктивно оцінювати ситуацію і людей, визначати оптимальну стратегію поведінки [8].

В Україні «...сьогоднішній підхід до організації комп'ютерного навчання та й виховання має суттєві недоліки». Необхідно для фахівців, які працюють у сфері «Інформаційної безпеки» розробити на зразок «Клятви Гіппократа» професійний «Кодекс комп'ютерної етики» [7].

**Висновки.** Український ринок підготовки фахівців у галузі інформаційної безпеки має досить «потужні» центри підготовки ІТ-фахівців у особі провідних державних технічних навчальних закладів країни, що визнані сьогодні не тільки в Україні, але й за кордоном та останнім часом розширюються міжнародні зв'язки з зарубіжними центрами підготовки фахівців. Стан забезпечення фахівцями з системи технічного захисту інформації в Україні, незважаючи на актуальність процесу забезпечення інформаційної безпеки, проводиться безсистемно і відверто не відповідає вимогам сучасності.

## Література

1. Про Концепцію (основи державної політики) національної безпеки України: Постанова Верховної Ради України від 16 січня 1997 р. № 3/97-ВР.
2. Про Положення «Про технічний захист інформації в Україні»: Указ Президента України від 27.09.1999 р. № 1229/99.
3. Паспорт ринку ІТ-послуг України. 2014 рік. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://pro-consulting.ua/ua/projects/132246-pasport-rynka-it-uslug-ukrainy-2014-god.html>.
4. Исследование украинской индустрии экспорта ИТ-услуг и продуктов. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: – <http://research.techinvest.com.ua/>.
5. Всеукраинский рейтинг вузов «Компас» [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.segodnya.ua/specprojects/highschoolrange/vceukrainckij-rejtin-h-vuzov-kompas.html>.
6. Остроухов В. Аналіз підготовки фахівців з інформаційної безпеки в Україні. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://westudents.com.ua/glavy/51995-913-analz-pdgotovki-fahvtsv-z-nformatsyno-bezpeki-u-rosysky-federats.html>.
7. Маклаков Г. Научно-методологические аспекты подготовки специалистов в области информационной безопасности // Центр исследования компьютерной преступности [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.crime-research.ru/articles/Maklakov0105/10/>.
8. Маклаков Г. Система подготовки специалистов по компьютерной инженерии в области информационной безопасности // Информационные технологии и безопасность: Материалы науч. – практ. конф. (9–11 окт. 2001) // Партенит. Украинский дом экономических и научно-технических знаний. – К., 2001.

**ВЫБОР LMS (СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОБУЧЕНИЕМ)**

Панасенко А.А. ст.гр. КИ-11д

Научный руководитель доц.Барбарук В.Н.

*Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля  
Технологический институт*

В последние годы получил широкое распространение термин E-learning, означающий процесс обучения в электронной форме через сеть Интернет или Интранет с использованием систем управления обучением.

Понятие «электронное обучение» (ЭО) – более широкое понятие, чем «дистанционное обучение», означающее разные формы и способы обучения на основе информационных и коммуникационных технологий (ИКТ).

Эффективность электронного обучения зависит от используемой в нем технологии, которая должна обеспечивать максимально возможную эффективность взаимодействия обучаемого и преподавателя в рамках системы ЭО.

Большое значение для организации ЭО играет выбор электронной обучающей среды, обеспечивающей организацию учебного процесса.

В наше время количество LMS значительно увеличилось. Однако это не упростило выбор системы управления обучением.

Существуют главные требования, которые должны стать ключевыми при сравнении систем управления обучением, а также которые помогут сузить круг поиска.

## 1. Простой пользовательский интерфейс

Система должна быть несложной для пользователей при поиске и для преподавателей при загрузке контента в LMS.

## 2. Инструменты отчетности и оценки

Отчеты и проведение оценочных мероприятий также являются обязательными элементами.

Отчеты помогают администратору (педагогу) видеть прогресс учащихся, отслеживать тенденции их развития, корректировать недостатки в материалах, а также настраивать тестирование таким образом, чтобы учащиеся проходили его еще успешней. Итогом обучения обязательно должны быть выставленные баллы, поэтому следует обращать внимание на LMS, которая предлагает функции конфигурации, автоматического и легкого поиска отчетов.

## 3. Автоматизация

Время представляет огромную ценность, поэтому выбор LMS, которая позволит администратору (педагогу) уделять больше времени на создание материалов и меньше на управление учебным процессом, является более чем важным. В приоритете будет LMS, в которой учащиеся смогут самостоятельно регистрироваться, автоматически добавляться на прохождение соответствующего курса, получать сертификат о завершении обучения, и уведомления о необходимости повторной сертификации. Кроме того, наличие автоматизированной системы позволит отследить прогресс учащихся, посредством отчетов, направляемых автоматически.

## 4. Гибкость

Одной из основополагающих требований является SCORM-совместимость. Главное преимущество состоит в функциональной совместимости, то есть всё SCORM-содержимое может проигрываться другим программным обеспечением, предназначенным для электронного обучения. Отсутствие SCORM-совместимости усложняет интеграцию с другими провайдерами и становится трудоемким и дорогостоящим процессом.

В связи с повышением требований и норм, гибкость в обучении становится приоритетной задачей для большинства компаний. Система управления обучением с дополнительными функциями, такими как электронная подпись, комплексные рабочие процессы SOP, списки рассылок, и планами на обучение, обеспечивает регулярное обучение персонала актуальными материалами и поддерживает их компетентность.

## 5. Настраиваемые функции

Окружающий мир всегда меняется, развивается и прогрессирует, как и потребности в обучении, поэтому LMS обязательно должна иметь возможность добавляться новыми функциями, а также быть гибкой в настройках.

## 6. Совокупная стоимость владения

Обязательным фактором является общая стоимость владения LMS. В данном случае выбор должен обеспечить максимальную отдачу от затраченных средств. Расходы включают в себя не только стоимость самой LMS, но установку и эксплуатацию.

Таким образом, можно сделать вывод, что выбор Системы управления обучением – достаточно трудоемкий и ответственный процесс. Для того чтобы сделать правильный выбор необходимо составить список всех обязательных и вторичных требований к LMS.

Использованные источники:

1. <http://lc.kpi.ua/ru/node/36>
2. <http://competentum.ru>
3. <http://edu.sanatez.net/lms/>
4. <http://yvision.kz/post/406534>

## ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

Ляховой В.О. ст.гр. КИ-11д

Научный руководитель доц. Барбарук В.Н.

*Восточнoукраинский национальный университет им. В. Даля*

*Технологический институт*

В настоящее время организация дистанционного обучения имеет экономическую, образовательную, даже политическую значимость во всем мире. С развитием Интернет технологий дистанционное обучение получило еще большее распространение.

Технология дистанционного обучения (ДО) является одной из наиболее прогрессивных, зародившись в конце XX столетия, она вошла в XXI в. как одна из наиболее эффективных и перспективных систем подготовки специалистов. Дистанционное обучение можно трактовать как процесс взаимодействия между преподавателем и студентом, при котором участники находятся на расстоянии друг от друга, в результате чего у студента формируются знания, умения и навыки (ЗУН). И сегодня дистанционное обучение органично впитывает в себя компьютерные и Интернет-технологии обучения. Современные технологии являются связующим звеном между студентом и преподавателем, которых могут разделять тысячи километров. Обучение ведётся в корпоративной сети, по сети Интернет, электронной почте и с помощью других современных средств связи.

Учебный процесс в дистанционной форме более трудоемкий и многоаспектный, чем в очной форме. Здесь своя специфика. Проблемы такого обучения пока решаются в каждом отдельно взятом университете самостоятельно, в силу понимания этих проблем работниками вузов, чаще всего специалистами в области информатики, компьютерной техники, программирования, но не педагогами, не методистами, не психологами. Весь подготовительный процесс сводится к переводу лекций в электронный вид и пересылке учебных материалов заочным студентам по электронной почте. Вот такой процесс, к сожалению, и называется часто дистанционным. Следует отметить, что технологические особенности дистанционной формы обучения оказывают существенное влияние не только на отбор содержания, но и на структурирование учебного материала.

Широкое внедрение дистанционного обучения (ДО) требует решения ряда проблем. Выделим следующие ключевые проблемы:

- психологические (инертность учителя-предметника);
- технические (слабость технической базы, скорости Интернета, отсутствие апробированных программных средств);
- юридические (недостаточность нормативной, законодательной документальной базы, регламентирующую учебную деятельность при дистанционной форме обучения);
- методические (слабое обеспечение методическими разработками по технологиям дистанционного обучения).

Так же важно отметить, что огромным минусом является то, что существует целый ряд практических навыков, которые можно получить только при выполнении реальных (а не виртуальных) практических и лабораторных работ

Приведенный перечень проблем далеко не полный. Прежде всего, следует подчеркнуть, что преподаватель ДО должен владеть всем арсеналом пользовательских навыков работы с применением современных Интернет технологий. В отличие от очных форм обучения преподавателю дистанционного

обучения необходимо уметь определять психологический настрой и психологические особенности своих студентов на расстоянии, чтобы больше внимания уделять, например, интровертам, стимулируя их к активной деятельности в форумах, чатах, подчас сдерживать пыл экстравертов и т.д. Необходимо формировать культуру коммуникации в сетях. Все это требует достаточно сложных знаний и умений со стороны педагога, специальной и достаточно серьезной подготовки. Преподаватель очного обучения не готов к такой системе ведения учебного процесса.

Современные телекоммуникационные технологии предоставляют уникальные возможности для совершенствования дистанционного образования. Речь идет, прежде всего, об использовании средств IP-телефонии (за рубежом обычно употребляется аббревиатура VoIP — Voice over IP). Само по себе использование голосового общения в процессе дистанционного обучения уже может способствовать повышению качества образования. Однако современные программные и аппаратные средства IP-телефонии уже давно перешагнули барьер только голосового общения. Для общения с успехом используются не только средства традиционного (текстового) чата, но и возможности передачи видеоизображения, а при необходимости и передачи пакетов данных. По сути дела, в настоящее время сформировался новый класс телекоммуникационных технологий для общения – IP-мультимедиа.

Таким образом, мы видим, что с каждым годом становится все очевидней, что традиционное очное обучение не в состоянии справиться со многими проблемами образования – не только высшего, но и среднего. Главная причина в том, что современный человек в разные периоды своей жизни должен иметь возможность выбора различных форм и способов обучения. Интеграция дистанционных и очных форм обучения представляется на сегодняшний день наиболее перспективной и востребованной как для вузов, так и для школ, особенно с учетом профильной школы.

Использованные источники:

1. <http://www.curator.ru/doplus.html>
2. [http://vio.fio.ru/vio\\_15/cd\\_site/Articles/art\\_2\\_4.htm](http://vio.fio.ru/vio_15/cd_site/Articles/art_2_4.htm)
3. Волженина, Н.В. Организация самостоятельной работы студентов в процессе дистанционного обучения: учебное пособие / Н.В. Волженина. – Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2008. – 59 с
4. Соловов А.В. Электронное обучение: проблематика, дидактика, технология. Самара: Новая техника. 2006.- 464 с.

### **ОБЗОР ПЛАТНЫХ И БЕСПЛАТНЫХ LMS**

Панасенко А.А., Мирошник М.М. ст.гр.КИ-11д

Научный руководитель асс. Барбарук Л.В.

*Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля  
Технологический институт*

Мы обратили внимание, на то, что большинство обсуждений LMS в сети связано с Moodle, хотя Moodle не является единственной в своем роде системой для организации дистанционного обучения. Есть большое количество других систем, которые тоже неплохо справляются с этой задачей.

Естественно Moodle получил такое распространение благодаря огромному количеству расширений и модулей, не говоря уже о преимуществах open source, но мы решил коротко остановиться на многих других системах, которые тоже заслуживают внимание и в некоторых случаях могут лучше подойти под Ваши задачи.

**ATutor** – Open Source система дистанционного обучения, которая позволяет разрабатывать и предоставлять студентам онлайн курсы. Систему довольно просто устанавливать и обновлять. Есть возможность разрабатывать темы и включать различные надстройки. Преподаватели могут создавать, упаковывать и экспортировать курсы для последующего импорта и распаковки в других проектах. Студентам предоставляется интуитивный интерфейс с доступными модулями. Система удобна в плане администрирования и настройки. Стоит отметить, что система имеет украинскую локализацию. Также присутствует поддержка мобильных платформ и планшетов, что очень актуально. Недавним нововведением стала интегрированная фотогалерея, с возможностью создавать и делиться альбомами с фотографиями, рисунками.

Данная LMS распространяется на основе GNU General Public License (GPL), которая в свою очередь, позволяет свободно использовать, модифицировать и дорабатывать данное приложение. Систему можно посмотреть в действии на сайте [1], или скачать и попробовать установить самостоятельно.

**Efront.** Ядро системы распространяется с открытым кодом (open source), но есть несколько различных платных изданий.

Система обладает очень дружелюбным интерфейсом, тему можно утилизировать под свои потребности, как и во многих CMS/LMS, есть некоторое количество дополнительных модулей. Open Source версию можно скачать с официального сайта. Бесплатная версия обладает сразу вполне приличным функционалом и выполняет основные функции, требуемые от LMS. Список основных модулей, доступных в бесплатной версии: форум, управление контентом (Content management), тестирование, проекты, дневник, час, календарь, библиотека файлов, отчеты и т.д. В случае если этого функционала не хватит, можно приобрести одну из платных версий системы, обладающих более широким функционалом. На официальном сайте efront [2] есть сравнительная таблица всех возможностей различных пакетов. Кроме Open Source, есть еще Enterprise и Educational версии системы. В списке поддерживаемых языков, как русский, так и украинский язык, так что при необходимости можно локализовать систему с помощью пакетов выложенных на официальном сайте.

**SharePoint LMS.** Система дистанционного обучения, разработанная на базе Microsoft Office SharePoint Server и интегрированная с Microsoft Office Communication Server 2007 и Lync. Благодаря такой тесной связке с продуктами Microsoft система отлично поддерживает большинство файлы, которые поддерживаются MS Office, а также обладает еще рядом преимуществ, связанных с отличной поддержкой программ компании Microsoft. Краткий список плюсов: простая интеграция с Microsoft Office и Microsoft Office SharePoint; использование средств связи основанных на Microsoft Office Communicator Server или Lync; создание Active Directory; публикация и редактирование документов; блокировка и разблокировка документов (при редактировании); контроль процесса изучения материалов и тестирования студентами; получение и создание сертификатов за прохождение тестов и учебных материалов; проверка документов на плагиат.

Полный список возможностей можно скачать на официальном сайте [3].

В отличие от уже рассмотренных LMS, бесплатная версии SharePoint LMS отсутствует. Судя по информации, предоставленной на официальном сайте, система является коммерческой.

**JoomlaLMS.** Система интегрируется с лидирующей системой CMS открытого кода Joomla. Это позволяет создавать на базе JoomlaLMS другие компоненты

бюджетные и в тоже время профессиональные образовательные порталы с интегрированной социальной сетью и электронным магазином. Простой и интуитивно понятный интерфейс и инструментарий. Многоязычный интерфейс: русский, английский, немецкий, испанский и другие. Личная страница пользователя, где можно также просматривать информацию о пользователе, его курсах, файлах. Несколько уровней доступа и распределенное администрирование учебного процесса: администратор, преподаватель, помощник преподавателя, руководитель или родитель, студент. Имеется бесплатная версия и платные пакеты расширения, которые добавляют функционал системы.

Литература:

1. <http://atutor.ca/>
2. <http://www.efrontlearning.net/index>
3. <http://www.sharepointlms.com/>
4. <https://www.joomlalms.com/>
5. <http://it-digger.net/index.php/2012-09-27-13-14-09/95--lms-1>

### **ОБЗОР СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБУЧЕНИЕМ «eFront»**

Мирошник М.М. ст.гр.КИ-11д

Научный руководитель асс. Барбарук Л.В.

*Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля  
Технологический институт*

С момента снижения экономической активности в мире вопрос оптимизация расходов актуальна как никогда, отсюда волна интереса к системам управления обучением (LMS) с открытым исходным кодом. В качестве примера мной была рассмотрена система «eFront».

Сразу начнем с плюсов и минусов системы:

1. Использование технологии Ajax делает работу с системой комфортной и быстрой (переходы между страницами минимизированы)
2. Четкая верстка веб-страниц, стабильная работа программной оболочки (система разрабатывается профессионально);
3. Подробные отчеты о деятельности пользователей с гибкой фильтрацией (число доступных отчетов зависит от версии);
4. Наличие системы выявления «пробелов» в компетенциях и автоматический подбор обучающего материала для их устранения (Enterprise Edition).

Минусы:

1. Относительно небольшое количество инструментов для создания учебных материалов;
2. Относительно мало дополнительных модулей;
3. Малое сообщество пользователей.

Нам представляется, что в сравнении с Moodle, система eFront больше подходит для бизнес-структур или небольших учебных центров, нежели для образовательных организаций. Данный тезис подтверждается списком организаций, выбравших eFront в качестве системы управления обучением, представленным на официальном сайте проекта, а также тем фактом, что найти в интернете более одного живого примера хороших сайтов на данной платформе оказалось слишком тяжело. Однако это ничуть не умаляет достоинств данной системы. Кроме того, опыт Высшей школы экономики позволяет предположить, что данной системе возможно было уделено недостаточно внимания со стороны образовательных организаций. Однако нам кажется, что система eFront больше ориентирована на чисто дистанционное, нежели смешанное

обучение (в отличие от Moodle). В пользу бизнеса также говорит наличие в функционале редакции *Enterprise* возможности наделять пользователей должностями и распределять по отделам, а также осуществлять поиск персонала по компетенциям (подбор «подходящего» для конкретной цели сотрудника).

Разработка системы была начата в 2001 году и активно ведется по сей день группой специалистов из Греции. В 2005 году выпущена версия 2.5. Последние несколько лет продолжается работа над версией 3.6.x.

В системе четко выделены модули, навигация по которым представлена иконками на главной странице, а далее вкладками и стандартным элементом breadcrumbs. Учебный материал представлен в уроках, которые могут быть объединены в курсы, а те, в свою очередь, могут стать составляющей Учебного плана.

Урок состоит из модулей, которые можно включать и отключать. Макет (расположение блоков) урока легко настраивается. Учебный материал в Уроке может быть представлен структурированными веб-страницами, файлами, тестами, проектами (заданиями), опросами, SCORM, форумми. После установки соответствующего дополнения можно также обеспечить интеграцию с системой веб-конференций Big Blue Button. Логика изучения материала в уроке может быть определена с помощью набора правил, а обучение студент может начать и продолжить просто, нажав на кнопку Play. Интерфейс системы представлен на рисунке 1 и 2.

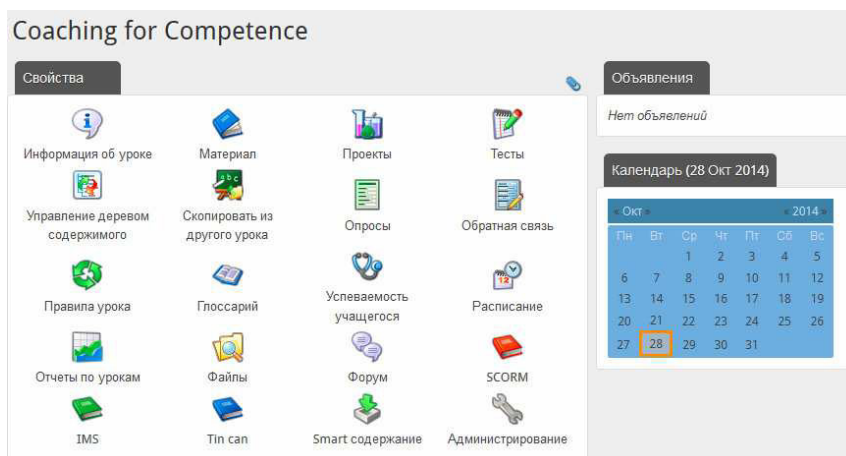


Рисунок 1 – Интерфейс системы

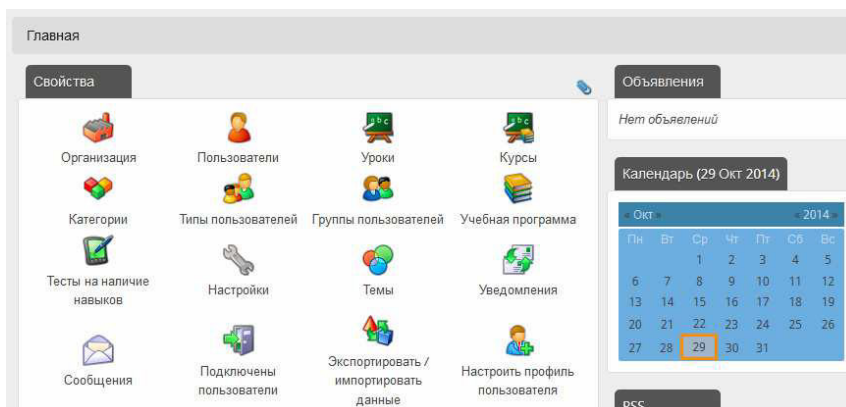


Рисунок 2 – Интерфейс системы. Главная страница



Пользователь в системе имеет собственную домашнюю страницу (Dashboard) с планом занятий. Роли пользователей имеют различные наборы прав, поэтому администратор системы не может параллельно выполнять функции обучающего или обучающегося (в отличие от Moodle). Однако имеется возможность прикрепить несколько профилей к одному логину. Система имеет русификацию большей части элементов.

В целом система eFront является очень мощной LMS и готова составить конкуренцию Moodle и другим аналогичным системам управления обучением.

Литература:

1. <http://www.openkazan.info/node/4664>
2. <http://www.efrontlearning.net/index>
3. <http://blog.uchu.pro/lms-efront/>

**ТЕХНОЛОГІЯ-2015**  
**матеріали,**  
**XVIII міжнародної науково-технічної конференції**  
**17 - 18 квітня 2015 року**  
**м. Северодонецьк**  
**частина II**

Підписано до друку 15.04.2015р.  
Формат 60×90 1/16. Папір офсетний.  
Друк на різнографі. Умовн. друк. арк. 1,0. Обл. – видав. арк. 0,89.  
Тираж прим. Зам. 134.

Поліграфічний центр  
видавництва Технологічного інституту Східноукраїнського національного  
університету ім. Володимира Даля (м.Северодонецьк)  
пр. Радянський, 59-а, м. Северодонецьк, 93400

